TÜSİAD

YENİ NESİL LOJİSTİK RAPORU



YENİ NESİL LOJİSTİK RAPORU

Prof. Dr. Ebru DEMİRCİ
Dr. Bükra DOĞANER

Kasım 2026
(Yayın No. TÜSİAD- T/2026-11/659)

Meşrutiyet Caddesi, No: 46 34420 Tepebaşı/İstanbul
Telefon: (0 212) 249 07 23
www.tusiad.org

© 2026, TÜSİAD

Tüm hakları saklıdır. Bu eserin tamamı ya da bir bölümü, 4110 sayılı Yasa ile değişik 5846 sayılı FSEK uyarınca, kullanılmazdan önce hak sahibinden 52. Maddeye uygun yazılı izin alınmadıkça, hiçbir şekil ve yöntemle işlenmek, çoğaltılmak, çoğaltılmış nüshaları yayılmak, satılmak, kiralanmak, ödünç verilmek, temsil edilmek, sunulmak, telli/telsiz ya da başka teknik, sayısal ve/veya elektronik yöntemlerle iletilmek suretiyle kullanılamaz.

ISBN 978-605-165-087-6

Yazarlar: Prof. Dr. Ebru DEMİRCİ, Dr. Bükra DOĞANER

Yayına Hazırlayanlar: Ceren AYDIN ERGÜN, Zeynep YALÇINER SİNCİ

Dizgi ve Sayfa Uygulama: Maske Medya Reklam ve İletişim Hizmetleri Limited Şirketi

Kapak Tasarımı: Maske Medya Reklam ve İletişim Hizmetleri Limited Şirketi

Basım: Ritim Matbaacılık ve Ambalaj Sanayi Ticaret Limited Şirketi

Ön Söz

TÜSİAD, özel sektörü temsil eden sanayici ve iş insanları tarafından 1971 yılında, Anayasamızın ve Dernekler Kanunu'nun ilgili hükümlerine uygun olarak kurulmuş, kamu yararına çalışan bir dernek olup gönüllü bir sivil toplum örgütüdür. TÜSİAD, insan hakları evrensel ilkelerinin, düşünce, inanç ve girişim özgürlüklerinin, laik hukuk devletinin, katılımcı demokrasi anlayışının, liberal ekonominin, rekabetçi piyasa ekonomisinin kurum ve kurallarının ve sürdürülebilir çevre dengesinin benimsendiği bir toplumsal düzenin oluşmasına ve gelişmesine katkı sağlamayı amaçlar. TÜSİAD, Atatürk'ün öngördüğü hedef ve ilkeler doğrultusunda, Türkiye'nin çağdaş uygarlık düzeyini yakalama ve aşma anlayışı içinde, kadın-erkek eşitliğini, siyaset, ekonomi ve eğitim açısından gözeten iş insanlarının toplumun öncü ve girişimci bir grubu olduğu inancıyla, yukarıda sunulan ana gayenin gerçekleştirilmesini sağlamak amacıyla çalışmalar gerçekleştirir.

TÜSİAD, kamu yararına çalışan Türk iş dünyasının temsil örgütü olarak, girişimcilerin evrensel iş ahlakı ilkelerine uygun faaliyet göstermesi yönünde çaba sarf eder; küreselleşme sürecinde Türk rekabet gücünün ve toplumsal refahın, istihdamın, verimliliğin, yenilikçilik kapasitesinin ve eğitimin kapsam ve kalitesinin sürekli artırılması yoluyla yükseltilmesini esas alır.

TÜSİAD, toplumsal barış ve uzlaşmanın sürdürüldüğü bir ortamda, ülkemizin ekonomik ve sosyal kalkınmasında bölgesel ve sektörel potansiyelleri en iyi şekilde değerlendirerek ulusal ekonomik politikaların oluşturulmasına katkıda bulunur. Türkiye'nin küresel rekabet düzeyinde tanıtımına katkıda bulunur, Avrupa Birliği üyeliği sürecini desteklemek üzere uluslararası siyasal, ekonomik, sosyal ve kültürel ilişki, iletişim, temsil ve iş birliği ağlarının geliştirilmesi için çalışmalar yapar. Uluslararası entegrasyonu ve etkileşimi, bölgesel ve yerel gelişmeyi hızlandırmak için araştırma yapar, görüş oluşturur, projeler geliştirir ve bu kapsamda etkinlikler düzenler.

TÜSİAD, Türk iş dünyası adına, bu çerçevede oluşan görüş ve önerilerini Türkiye Büyük Millet Meclisi'ne, hükümete, diğer devletlere, uluslararası kuruluşlara ve kamuoyuna doğrudan ya da dolaylı olarak basın ve diğer araçlar aracılığı ile ileterek, yukarıdaki amaçlar doğrultusunda düşünce ve hareket birliği sağlanmasını amaçlar.

TÜSİAD, misyonu ve faaliyetleri kapsamında, ülke gündeminde yer alan konulara ilişkin görüşlerini bilimsel araştırmalarla destekleyerek kamuoyuna sunar ve bu görüşler doğrultusunda kamuoyunda tartışma platformlarının oluşmasına zemin hazırlar.

Bu rapor, TÜSİAD Sanayi, Tarım-Gıda ve Hizmetler Yuvarlak Masası çatısı altındaki Ulaştırma ve Lojistik Çalışma Grubu'nun faaliyetleri doğrultusunda İstanbul Üniversitesi Ulaştırma ve Lojistik Fakültesi, Ulaştırma ve Lojistik Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Ebru DEMİRCİ ve Ankara Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Lojistik Yönetimi Bölümü Öğretim Üyesi Dr. Bükra DOĞANER tarafından hazırlanmıştır. Rapor, TÜSİAD Genel Sekreter Yardımcısı Ceren AYDIN ERGÜN ve TÜSİAD Kıdemli Uzmanı Zeynep YALÇINER SİNCİ tarafından yayınlanmak üzere düzenlenmiştir.

Raporun hazırlanma sürecinde sağlanan değerli katkılar, destekler ve görüşler için TÜSİAD Ulaştırma ve Lojistik Çalışma Grubu Başkanı Nilgün KELEŞ, Sertrans Lojistik Pazarlama ve Satış Grup Müdürü Hakan AL ve yüz yüze görüşmeler ve anketler ile rapora içerik sağlayan katılımcılara teşekkür ederiz.

Kasım 2026

Öz Geçmişler

Ebru DEMİRCİ
Akademisyen

Prof. Dr. Ebru Demirci, İstanbul Üniversitesi Ulaştırma ve Lojistik Fakültesi, Ulaştırma ve Lojistik Bölümü'nde görev yapmaktadır. Akademik çalışmalarını lojistik, ulaştırma sistemleri ve tedarik zinciri yönetimi alanlarında sürdürmektedir.

Araştırma alanları arasında sürdürülebilir lojistik, ulaştırma politikaları, intermodal taşımacılık, lojistik ağ tasarımı ve taşımacılık sistemlerinin performans analizi yer almaktadır. Ulusal ve uluslararası düzeyde çok sayıda bilimsel makale, bildiri ve akademik yayına imza atmış; çeşitli bilimsel projelerde yürütücü ve araştırmacı olarak görev almıştır.

Prof. Dr. Demirci, akademik çalışmalarının yanı sıra kamu kurumları ve sektörel paydaşlar için analiz, değerlendirme ve politika geliştirme süreçlerine katkı sunan raporlar hazırlamış; bilimsel bilgi ile uygulama arasında köprü kuran çalışmalarda bulunmuştur. Lisans ve lisansüstü düzeyde dersler vermekte, yüksek lisans ve doktora tezlerine danışmanlık yapmaktadır.

Bükra DOĞANER
Akademisyen

Dr. Bükra Doğaner, lisans eğitimini İstanbul Ticaret Üniversitesi Uluslararası Lojistik ve Taşımacılık Bölümü'nde tamamlamış, aynı alanda yüksek lisans ve doktora eğitimini sürdürerek akademik uzmanlığını lojistik ve ulaştırma alanında geliştirmiştir. Akademik ve mesleki çalışmalarını lojistik yönetimi, taşımacılık sistemleri, sürdürülebilirlik ve tedarik zinciri konularında yoğunlaştırmıştır. Sektörde ve akademide farklı kurumlarda görev yapmış; araştırma görevlisi, öğretim görevlisi ve uzman pozisyonlarında bulunmuştur. Hâlen Ankara Üniversitesi'nde Dr. Öğr. Üyesi olarak görev yapmakta olup, ulusal ve uluslararası düzeyde yayımlanmış makaleleri ve bildirileri bulunmaktadır.

İçindekiler

Yönetici Özeti 11

Giriş 13

1. E-Ticaret Lojistiğinin Yükselişi ve Altyapı Dönüşümü 19

1.1 Türkiye Lojistik Sektöründe Yapısal Bir Dönüşüm Süreci 19

1.2 Depolama ve Dağıtım Sistemlerinde Yeni Altyapı Paradigması 23

1.2.1 Mikro Dağıtım Merkezleri ve Otomasyon Odaklı Kapasite Yönetimi 23

1.2.2 Son Kilometrede Veri Temelli Yönetim Yaklaşımı 25

1.2.3 Dijital Tersine Lojistik ve Döngüsel Değer Zinciri Oluşumu 26

1.2.4 Sınır Ötesi E-Ticarette Dijital Entegrasyonun Stratejik Rolü 27

1.2.5 Sonuç 28

2. Yeşil Dönüşüm ve Sürdürülebilir Lojistik 29

2.1 Yeşil Dönüşümün Lojistik Sistemlerde Yapısal Bir Yeniden Kurgulama Sürecine Dönüşmesi 29

2.1.1 Avrupa Birliği Düzenlemelerinin Lojistik Üzerinde Etkisi 30

2.2 Filo Dönüşümünden Sistem Optimizasyonuna: Karbon Azaltımında Yeni Paradigma 31

2.2.1 Araç Teknolojisinden Operasyonel Yeniden Yapılanmaya Geçiş 31

2.2.2 Enerji Verimli Altyapı Yatırımları 32

2.2.3 Karbon Ekonomisine Geçiş ve Dijital Karbon Yönetimi 33

2.2.4 Döngüsel Lojistik ve Kaynak Verimliliği 34

2.2.5 Türkiye Lojistik Sisteminin Yeşil Yapılanması 34

2.2.5.1 Karayolu Bağımlılığının Sistematik Optimizasyonu 34

2.2.5.2 Dijital Karbon Ölçüm ve Raporlama Altyapısının Kurumsallaştırılması 35

2.2.5.3 Enerji Verimli Altyapı Yatırımlarının Yaygınlaştırılması 35

2.2.5.4 Döngüsel Lojistik Modellerinin Ana Akım Hale Gelmesi 35

2.2.5.5 Stratejik Sonuç 35

İçindekiler

3. Dijitalleşme ve İleri Teknolojilerin Etkisi **36**

3.1 Lojistikte Dijital Dönüşümün Stratejik Anlamı **36**

3.2 Büyük Veri, Yapay Zeka, Nesnelerin İnterneti, Otomasyon ve Blokzincir Uygulamaları **38**

3.2.1 Büyük Veri ve Yapay Zeka Tabanlı Karar Destek Sistemleri 38

3.2.2 Nesnelerin İnterneti ve Sensör Tabanlı İzlenebilirlik 39

3.2.3 Otomasyon ve Blokzincir 39

3.3 Depo Yönetim Sistemleri (DYS), Rota Optimizasyonu, Dijital İkizler ve Otonom Araçlar **41**

3.3.1 DYS Entegrasyonu ve Operasyonel Verimlilik 41

3.3.2 Rota Optimizasyonu ve Dijital İkiz Teknolojisi 42

3.3.3 Otonom Araçlar ve Robotik Sistemler 43

3.3.4 Türkiye'de Lojistik Sektörünün Dijital Olgunluk Düzeyi 43

3.3.5 Değerlendirme ve Politika Önerileri 44

3.3.5.1 Veri Entegrasyonu ve Standartlaşma 44

3.3.5.2 Modüler ve Ölçeklenebilir Dönüşüm Stratejileri 45

3.3.5.3 Dijital Yetkinlik ve İnsan Kaynağı Dönüşümü 45

3.3.5.4 KOBİ Dijitalleşme ve Yatırım Destek Mekanizmaları 45

3.3.5.5 Dijital Lojistikte Kamu–Özel Sektör İş Birliği 46

3.3.5.6 Siber Güvenlik ve Veri Yönetişimi 46

3.3.5.7 Stratejik Sonuç 46

4. İş Gücü Dönüşümü ve Yeni Yetkinlikler **47**

4.1 Stratejik Sonuç **50**

İçindekiler

5. Küresel Trendler ve Türkiye'ye Etkileri **51**

5.1 Yakın Tedarik (Nearshoring) ve Dost Ülkelerden Tedarik (Friendshoring) Eğilimleri:

Bölgeselleşen Küreselleşme 52

5.2 Uluslararası Koridorlar ve Orta Koridorun Önemi 53

5.3 Avrupa Birliği Karbon Düzenlemeleri ve Lojistik Sektörüne Etkileri 54

5.4 Yeşil ve Dijital Geçişin Birlikte İşlemesi 55

5.5. Küresel Ticari Dengelerdeki Değişim ve Krizler 56

5.6.Stratejik Sonuç 57

Sonuç **58**

Öncelikli Politika Alanları ve Uygulama Araçları 59

Politika Önceliklendirmesi 63

Sonuç **66**

Kaynakça **68**

Kısaltmalar

3PL	Üçüncü Parti Lojistik
AB	Avrupa Birliği
AGV	Otomatik Yönlendirmeli Araç
AMR	Otonom Mobil Robot
ASCM	Tedarik Zinciri Yönetimi Derneği
AUS	Akıllı Ulaşım Sistemleri
CBAM	Karbon Sınır Ayarlama Mekanizması
CO_2	Karbondioksit
CSRD	Kurumsal Sürdürülebilirlik Raporlama Direktifi
DYS	Depo Yönetim Sistemi
EEA	Avrupa Çevre Ajansı
EU ETS	Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi
FSEK	Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu
IRU	Uluslararası Karayolu Taşımacılığı Birliği
IT	Bilgi Teknolojileri
KPI	Temel Performans Göstergesi
KKP	Kurumsal Kaynak Planlama
KOBİ	Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
KOSGEB	Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
LCA	Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
LPI	Lojistik Performans Endeksi
MRV	İzleme, Raporlama ve Doğrulama
MT	Yönetici Adayı Programı
NCTS	Yeni Bilgisayarlı Transit Sistemi
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
ROI	Yatırımın Geri Dönüşü
RPA	Robotik Süreç Otomasyonu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TÜSİAD	Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği
TYS	Taşıma Yönetim Sistemi
UTİKAD	Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği

Şekiller

Şekil 1	Türkiye'nin 2007-2023 Yılları Arası LPI Puanları ve Sıralamaları	15
Şekil 2	2018-2025 Yıllarına Ait Hizmet İhracatı Kalemleri Değişim Grafiği	17

Yönetici Özeti

Küresel ticaretin yapısal dönüşümü, lojistik sektörünü yalnızca destekleyici bir faaliyet alanı olmaktan çıkararak ekonomik sistemin stratejik belirleyicilerinden biri haline getirmiştir. Artan e-ticaret hacmi, tedarik zinciri kırılganlıkları, dijital teknolojilerin yaygınlaşması ve sürdürülebilirlik baskıları, lojistik operasyonların yeniden tasarlanmasını zorunlu kılmaktadır.

Türkiye, jeostratejik konumu ve büyüyen hizmet ihracatı ile bu dönüşümden önemli fırsatlar elde edebilecek bir konumda olmakla birlikte; gümrük süreçleri, dijital entegrasyon eksiklikleri, altyapı sınırlılıkları ve performans ölçüm sistemlerindeki standardizasyon sorunları sektörün gelişimini sınırlayan temel alanlar olarak öne çıkmaktadır. 2023 yılı Lojistik Performans Endeksi (LPI) verileri de Türkiye'nin belirli alanlarda ilerleme kaydetmesine rağmen yapısal iyileştirmelere ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

Sektördeki dönüşümün en belirgin itici gücü dijitalleşmedir. Gerçek zamanlı veri yönetimi, yapay zeka destekli planlama sistemleri ve entegre platformlar operasyonel verimliliği artırırken, işletmeler arasında performans farklılıklarını da derinleştirmektedir. Büyük ölçekli işletmeler bu dönüşüme daha hızlı uyum sağlarken, küçük ve orta ölçekli işletmelerde yatırım maliyetleri ve entegrasyon zorlukları dönüşümü sınırlamaktadır.

Sürdürülebilirlik ise sektörde rekabet koşullarını yeniden tanımlayan temel bir eksen haline gelmiştir. Karbon emisyonlarının azaltılması, intermodal taşımacılığın geliştirilmesi ve enerji verimli lojistik çözümler hem maliyet yönetimi hem de uluslararası pazarlara erişim açısından kritik önem taşımaktadır.

Türkiye'nin lojistikte bölgesel merkez olma hedefi, yalnızca coğrafi konum avantajına değil; sınır geçişlerini hızlandıran dijital altyapıya, coğrafi avantajı pekiştirecek deniz ve karadaki alternatif çıkış kapılarının çeşitlendirilmesine, taşıma modlarını entegre eden intermodal ağlara, işletmeler arası veri paylaşımına ve ölçülebilir düşük karbon performansına bağlıdır. Araştırma bulguları, sektörün teknoloji yatırımı yapma isteğinin güçlü olduğunu; buna karşılık veri standardı, ortak altyapı, nitelikli insan kaynağı ve finansmana erişim alanlarında koordineli bir dönüşüm programına ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Türkiye lojistik sektöründeki dönüşüm üç ana eksende yoğunlaşmaktadır. Bunlar, dijitalleşme ve veri entegrasyonu, operasyonel verimlilik ve kapasite optimizasyonu ile sürdürülebilirlik ve çevresel performans yönetimi olarak sıralanabilir. Araştırma bulguları, bu eksenlerin birbirinden bağımsız olmadığını göstermektedir. Veri entegrasyonu eksikliği kapasite kullanımını ve teslimat güvenilirliğini sınırlandırırken, karayolu ağırlıklı taşıma yapısı hem maliyet hem de karbon performansı üzerinde baskı yaratmaktadır. Bu baskıyı azaltmak ve özellikle dünyanın tedarik zinciri ve enerji hatlarının yeniden şekillendiği bu dönemde ülkenin avantajlarını öne çıkartmak adına, denizyolu taşımacılığında multimodal çıkış kapılarının çeşitlendirilmesi anlamlı olacaktır. Öte yandan gündem, tekil teknoloji yatırımlarından ziyade ortak standartlar, bütünleşik altyapı, nitelikli insan kaynağı ve ölçülebilir performans hedefleri etrafında kurgulanmalıdır.

Araştırmanın kamuoyu açısından öne çıkan beş bulgusu aşağıdaki gibidir:

- İhracatta ve transitte hız ve hatasızlık; depolama ve e-ticarette hızlı teslimat ve iade beklentileri lojistiğin maliyet yapısını yeniden şekillendirmektedir.
- Genel anlamda lojistikte veri ve yazılım entegrasyonu eksikliği dijital yatırımların değer üretmesini sınırlamaktadır.
- Kara yolu ağırlıklı taşıma yapısı maliyet ve karbon baskısını artırmakta olup, vize ve sınır geçişlerinde yaşanan beklemeler,

ülkenin rekabet avantajını öne çıkarmasını engellemektedir.

- İşletme ölçeğine bağlı dijital olgunluk farkı sektörler içinde performans ayrışması yaratmaktadır.
- Karbon verisi uluslararası müşteriler ve düzenlemeler nedeniyle yeni bir rekabet kriterine dönüşmektedir.

Bu bulgular, sektörün geleceğinin tekil teknoloji yatırımlarından ziyade ortak standartlar, bütünleşik altyapı ve ölçülebilir dönüşüm hedefleri üzerinden şekilleneceğini göstermektedir.

Bu çerçevede öne çıkan öncelikli gelişim alanları özetle şunlardır:

- Gümrük ve sınır süreçlerinde dijital entegrasyonun güçlendirilmesi
- Veri temelli performans ölçüm sistemlerinin paylaşılması
- KOBİ'lerin dijital dönüşümünün desteklenmesi
- İntermodal taşımacılık altyapısının geliştirilmesi
- Karbon ölçüm ve raporlama sisteminin standartlaştırılması
- Depo sistemlerinin dijitalleşmesi ve maliyetin yönetilmesi.

Bu alanlarda ilerlemenin izlenebilmesi için ortak bir gösterge seti oluşturulmalıdır. Gümrük ve sınır süreçlerinde ortalama işlem süresi ve değişkenliği; dijital entegrasyonda elektronik veri paylaşım oranı, depolamada sipariş doğruluğu, çevrim süresi ve birim işlem maliyeti; taşımacılıkta araç doluluk oranı, boş kilometre ve zamanında teslimat; sürdürülebilirlikte ise ton-kilometre başına emisyon ve doğrulanmış karbon verisi sunabilen işletme oranı temel göstergeler olarak kullanılabilir. Göstergeler, işletme ölçeği ve taşıma modu bazında ayrıştırılarak düzenli aralıklarla yayımlanmalıdır.

Sektörün ortak gündemi, lojistik verisinin karşılaştırılabilir ve güvenilir biçimde üretilmesi olmalıdır. Kamu kurumları, lojistik hizmet sağlayıcılar, üreticiler, perakendeciler, teknoloji şirketleri, üniversiteler ve mesleki kuruluşlar; ortak veri sözlüğü, performans göstergeleri, karbon hesaplama esasları ve pilot uygulamalar üzerinde birlikte çalışmalıdır. Böyle bir iş birliği, süreci işletme bazlı girişimlerin ötesinde, sektör ölçeğinde sonuçları ölçülebilir bir dönüşüm programının geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

Dayanıklılık, tüm politika alanlarında ortak bir değerlendirme ölçütü olarak ele alınmalıdır. Alternatif liman ve güzergâhların mevcudiyeti, iş sürekliliği planlarının kapsamı, kritik veri ve enerji altyapısının yedekliliği ve kesinti sonrasında operasyonun yeniden devreye alınma süresi; altyapı, dijitalleşme, intermodal taşımacılık ve yeşil dönüşüm projelerinin performans göstergelerine dâhil edilmelidir.

Türkiye lojistik sektörü, mevcut potansiyelini kalıcı rekabet avantajına dönüştürebilmek için kritik bir karar aşamasındadır. Bu rapor, dijitalleşme, operasyonel verimlilik ve sürdürülebilirlik alanlarındaki yapısal sorunları görünür kılmakta; kamu, iş dünyası ve bilgi üreten kurumlar için ortak standartlara, ölçülebilir hedeflere ve koordineli uygulamaya dayalı bir dönüşüm çerçevesi sunmaktadır.

Giriş

Lojistik sektörü, modern ekonomik sistemlerin işleyişinde üretim ve tüketim süreçlerini birbirine bağlayan temel altyapı bileşenlerinden biri olarak stratejik bir konuma sahiptir. Hammaddelerin temininden nihai ürünlerin son kullanıcıya ulaştırılmasına kadar uzanan süreçte taşımacılık, depolama, stok yönetimi, gümrükleme ve bilgi akışı faaliyetleri lojistik sistemin ana unsurlarını oluşturmaktadır. Küresel ticaret hacminin genişlemesi ve tedarik zincirlerinin coğrafi olarak yaygınlaşması, lojistiği yalnızca destekleyici bir hizmet alanı olmaktan çıkararak ekonomik rekabetin merkezine yerleştirmiştir. Günümüzde lojistik performans, işletmelerin pazarlara erişim hızını, maliyet yapılarını ve müşteri memnuniyetini doğrudan etkileyen temel bir rekabet faktörü olarak değerlendirilmektedir.

Bu dönüşüm süreci, lojistik sektörünü operasyonel bir faaliyet alanının ötesine taşıyarak teknolojik gelişmeler, sürdürülebilirlik baskıları, iş gücü yapısındaki değişim ve küresel tedarik zincirlerinin yeniden yapılanmasıyla birlikte çok boyutlu ele alınması gereken bir ekonomik sistem haline getirmiştir. E-ticaretin hızlı yükselişi, dijitalleşme uygulamalarının yaygınlaşması, karbon azaltım hedefleri ve dayanıklı tedarik zinciri arayışları sektörün yapısal dönüşümünü daha da hızlandırmaktadır. Bu kapsamda yürütülen analizler, lojistiğin yalnızca mevcut performansını değerlendirmekle sınırlı kalmayıp, geleceğe yönelik stratejik yönelimleri de ortaya koymayı amaçlamaktadır. Sektörün giderek daha karmaşık bir lojistik ağını yönetirken bütünleşik bir yapıya evrilmesi, lojistik faaliyetleri yönetmenin işletmeler açısından stratejik karar alma süreçlerinde önemli bir faaliyet alanı olmasına yol açmıştır.

Günümüzde lojistik, işletmelerin maliyet yapılarını doğrudan etkileyen, teslimat performansını belirleyen ve müşteri deneyimini şekillendiren, yani üretim sürekliliğini sağlayan stratejik bir değer yaratma aracı haline gelmiştir. Zaman hassasiyeti, operasyonel esneklik ve süreç güvenilirliği modern tedarik zincirlerinde temel performans göstergeleri olarak öne çıkmaktadır. Etkin lojistik altyapıya sahip ülkeler, dış ticaret hacimlerini daha hızlı artırabilmekte ve küresel üretim ağlarına daha güçlü biçimde entegre olabilmektedir (Özgüner ve Köse, 2025). Bu durumun temel nedeni, taşımacılık ve lojistik altyapının ticaret süreçlerinin hızını, maliyetini ve güvenilirliğini doğrudan etkilemesidir. Gelişmiş taşıma ağları, modern limanlar ve depolama sistemleri ile dijital gümrük uygulamaları, sevkiyat sürelerini kısaltmakta ve operasyonlarda yaşanacak işlem belirsizliğini azaltmaktadır. Bu sayede işletmeler daha düşük maliyetle, daha öngörülebilir ve zamanında teslimat gerçekleştirebilmekte; bu da uluslararası pazarlara erişimi kolaylaştırmaktadır. Aynı zamanda yüksek lojistik performans, çok uluslu şirketler açısından üretim ve dağıtım ağlarını konumlandırmada kritik bir tercih kriteri haline gelmekte ve ülkelerin küresel tedarik zincirlerine entegrasyonunu hızlandırmaktadır.

Küresel iş dünyasının giderek daha bağlantılı hâle gelmesi, bölgesel krizlerin lojistik ağlar üzerinden hızla yayılmasına neden olmaktadır. Avrupa'daki ekonomik ve jeopolitik gelişmeler, Kuzey Amerika ile Asya arasındaki ticari gerilimler, Hürmüz Boğazı ve Kızıldeniz–Süveyş hattındaki güvenlik sorunları, Panama Kanalı'ndaki kuraklık ve siber saldırılar; taşıma süreleri, kapasite, maliyet ve tedarik sürekliliği üzerinde eş zamanlı baskı yaratabilmektedir. Bu ortamda küresel ölçekte faaliyet gösteren işletmelerin başarısı, üretim, tedarik, taşıma ve lojistik süreçleri için alternatif senaryolar geliştirme; kritik bağımlılıkları görünür kılma ve risklere hızla uyum sağlama kapasitesine bağlıdır.

Türkiye açısından lojistik sektörü, ekonomik büyümenin ve dış ticaretin temel alanlarından biri konumundadır. Hizmet ihracatı içerisinde lojistik faaliyetlerinin payı son yıllarda istikrarlı biçimde artmış; Türkiye'nin büyüyen ve dikkat çeken sektörlerinden biri haline gelmiştir. Türkiye'de

taşımacılık ve lojistik hizmet gelirlerinin 2024 yılı itibarıyla yaklaşık 38,9 milyar dolar seviyesine ulaşması, sektörün makroekonomik önemini açık biçimde ortaya koymaktadır (Ticaret Bakanlığı, 2025).

Türkiye'nin lojistik kapasitesini şekillendiren temel unsur, sahip olduğu jeostratejik konumdan kaynaklanmaktadır. Avrupa, Asya ve Orta Doğu arasında doğal bir geçiş noktası üzerinde yer alan Türkiye, doğu-batı ve kuzey-güney eksenlerinde küresel ticaret koridorlarının kesişiminde bulunmaktadır. Bu konum, Türkiye'yi bölgesel bir lojistik merkez olma potansiyeline sahip stratejik bir aktör haline getirmektedir. Türkiye'nin etrafında yer alan ülkelerle karşılaştırıldığında karayolu ağının yaygınlığı, denizyolu taşımacılığının yüksek kapasitesi, gelişmekte olan demiryolu altyapısı ve artan hava kargo yatırımları ile çok modlu taşımacılık sisteminin güçlenme potansiyelinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, Türkiye'nin küresel transit yüklerin geçiş noktası olma durumunu desteklemekte ve sektörün küresel ölçekteki payının artması için olanak sağlamaktadır.

Bu alanlara yapılacak dijitalleşme ve altyapı çalışmaları, Türkiye'nin yeniden şekillenen dünya tedarik zincirinden gerek transit ve gerekse lojistik merkez olma potansiyeli ile yüksek pay almasına fırsat tanıyacaktır.

Dış ticaret taşımalarında denizyolu en yüksek paya sahip taşıma modu olarak öne çıkarken, karayolu taşımacılığı özellikle bölgesel ticarette hız ve esneklik avantajı sunmaktadır. Türkiye'de taşımacılık modlarının dağılımı incelendiğinde, yurt içi yük taşımacılığında karayolu taşımacılığının açık ara baskın olduğu görülmektedir. 2023 yılı itibarıyla yurt içi yük taşımalarının büyük bölümü karayolu ile gerçekleştirilirken, demiryolu ve denizyolu taşımacılığının payı sınırlı kalmaktadır (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2023). Buna karşılık, dış ticaret taşımalarında farklı bir yapı ortaya çıkmakta ve özellikle tonaj bazında denizyolu taşımacılığı öne çıkmaktadır. 2023 yılı verilerine göre ihracat taşımalarının yaklaşık %78,8'i denizyolu, %19,3'ü karayolu, %0,9'u havayolu ve %0,8'i demiryolu ile gerçekleştirilmektedir (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2024).

Bu durum, Türkiye'de iç taşımacılıkta esneklik ve kapıdan kapıya hizmet avantajı nedeniyle karayolunun tercih edildiğini; uluslararası taşımacılıkta ise maliyet avantajı ve yüksek taşıma kapasitesi nedeniyle denizyolunun öne çıktığını göstermektedir. Demiryolu taşımacılığının her iki alanda da düşük paya sahip olması ise altyapı, kapasite ve entegrasyon sorunlarının devam ettiğine işaret etmektedir (UTİKAD, 2023). Demiryolu taşımacılığı çevresel sürdürülebilirlik ve maliyet etkinliği açısından önemli bir potansiyele sahip olmakla birlikte, Türkiye'de henüz sınırlı ölçekte kullanılmaktadır. Havayolu taşımacılığı ise yüksek maliyet yapısına rağmen zaman hassasiyeti yüksek ürün gruplarında stratejik bir rol üstlenmektedir.

Taşımacılık ve lojistik sektörü, yalnızca taşıma faaliyetlerinden oluşan doğrusal bir süreç değil; süreç paydaşları arasında kurulan bütünleşik bir değer yaratma sistemi olarak ele alınmalıdır. Üreticiler açısından lojistik faaliyetler, üretim sürekliliğini sağlayan stratejik bir girdi niteliği taşırken, perakendeciler için stok yönetimi, teslimat hızı ve müşteri memnuniyetini doğrudan etkileyen temel bir rekabet unsuru haline gelmiştir. Taşıyıcılar ve lojistik hizmet sağlayıcıları ise fiziksel akışı yöneten aracılar olmaktan çıkarak bilgi paylaşımı, süreç entegrasyonu ve koordinasyon yoluyla tedarik zinciri performansını şekillendiren aktif sistem bileşenlerine dönüşmüştür. Bu bütünleşik yapı, lojistiği ekonomik, teknolojik ve yönetsel boyutları iç içe geçmiş bir ekosistem haline getirmektedir.

Son yıllarda küresel ölçekte yaşanan pandemi süreci, jeopolitik belirsizlikler ve tedarik zinciri kırılmaları, son dönemde yaşanan Hürmüz Boğazı gibi büyük kırılmalar sektörün stratejik önemini daha da artırmıştır. Taşıma sürelerinin uzaması, navlun fiyatlarındaki dalgalanmalar ve ekipman arzındaki dengesizlikler, işletmeleri yalnızca maliyet odaklı yaklaşımların ötesine geçerek dayanıklılık ve esneklik temelli lojistik stratejiler geliştirmeye yöneltmiştir. Bu süreç, lojistiğin ekonomik güvenliğin ve ticari sürekliliğin temel altyapı unsurlarından biri olduğunu açık biçimde ortaya koymuştur.

Dijitalleşme, sektördeki dönüşümün en belirgin boyutlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Büyük

veri analitiği, otomasyon sistemleri ve entegre bilgi platformları sayesinde lojistik operasyonlar daha şeffaf, izlenebilir ve verimli hale gelmektedir. Gerçek zamanlı izleme, rota optimizasyonu ve süreç otomasyonu maliyetleri azaltırken teslimat güvenilirliğini artırmakta ve işletmelere önemli bir rekabet avantajı sağlamaktadır. Bu teknolojik dönüşüm, tedarik zincirlerinin yalnızca daha hızlı değil, aynı zamanda daha dayanıklı hale gelmesine de katkı sunmaktadır.

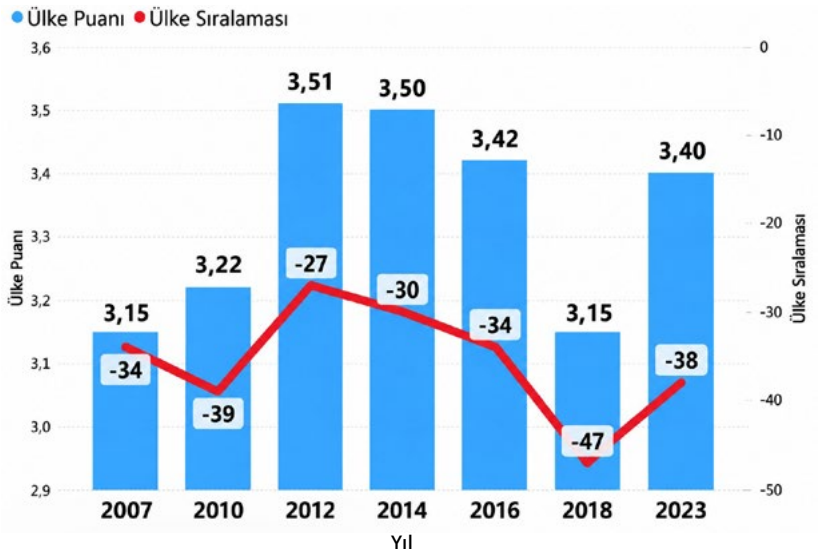
Sürdürülebilirlik ise lojistik sektörünün uzun vadeli stratejilerini belirleyen temel eksenlerden biri haline gelmiştir. Lojistik faaliyetlerinin karbon emisyonlarındaki yüksek payı, sektörü çevre politikalarının merkezine taşımakta; alternatif yakıtlar, intermodal taşımacılık çözümleri ve enerji verimli altyapılar giderek yaygınlaşmaktadır. Özellikle uluslararası pazarlarla entegre çalışan işletmeler açısından çevresel performans, rekabet gücünün ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir.

Dünya Bankası tarafından yayımlanan Lojistik Performans Endeksi (LPI), ülkelerin lojistik performanslarını karşılaştırmalı olarak değerlendirmek amacıyla kullanılan temel uluslararası göstergelerden biridir. İlk kez 2007 yılında yayımlanan endeks, ülkelerin lojistik sistemlerini gümrük işlemlerinin etkinliği, ticaret ve taşımacılık altyapısının kalitesi, uluslararası sevkiyat düzenleme kolaylığı, lojistik hizmetlerin yetkinliği, sevkiyatların izlenebilirliği ve zamanında teslimat performansı gibi temel boyutlar üzerinden değerlendirmektedir.

LPI'nin 2023 yılı sonuçlarına göre Türkiye genel sıralamada 38. sırada yer almıştır. Türkiye, 2007 yılında 34. sıradayken 2018 yılında 47. sıraya gerilemiş; 2023 yılında ise yeniden 38. sıraya yükselmiştir. Bu görünüm, Türkiye'nin lojistik performansında belirli bir toparlanma yaşandığını göstermekle birlikte, özellikle gümrük süreçleri, altyapı kalitesi ve lojistik hizmetlerde standardizasyon gibi alanlarda gelişim ihtiyacının devam ettiğine işaret etmektedir.

2023 yılı alt kriterleri incelendiğinde Türkiye'nin en güçlü performans alanlarından birinin uluslararası sevkiyatlar olduğu, buna karşılık gümrük işlemleri ve altyapı boyutlarında daha sınırlı bir performans sergilediği görülmektedir. Gümrük kriterinde Türkiye'nin 3,0 puan ile 47. sırada yer alması, sınır geçişleri ve işlem süreçlerinde iyileştirme ihtiyacının sürdüğünü göstermektedir. Altyapı kriterinde 3,4 puan ile 43. sırada yer alması ise lojistik merkezler, liman bağlantıları, demiryolu entegrasyonu ve çok modlu taşıma altyapısının güçlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Buna karşılık uluslararası sevkiyatlar kriterinde 3,4 puan ile 26. sıraya yükselmesi, Türkiye'nin bölgesel ticaret bağlantıları ve taşıma organizasyonu açısından belirli avantajlara sahip olduğunu göstermektedir.

Şekil 1 – Türkiye'nin 2007-2023 Yılları Arası LPI Puanları ve Sıralamaları



Kaynak: World Bank, Logistics Performance Indicators 2.0 (Yazar tarafından hazırlanmıştır)

Şekil 1'de Türkiye'nin 2007–2023 dönemindeki LPI puanları ve sıralamaları sunulmaktadır. Veriler, Türkiye'nin 2012 sonrasında belirli bir gerileme eğilimi yaşadığını, 2023 yılında ise önceki döneme göre toparlanma gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, Türkiye'nin lojistik performansı yalnızca taşıma kapasitesiyle değil; gümrük süreçlerinin etkinliği, dijital entegrasyon, izlenebilirlik, hizmet kalitesi ve zamanında teslimat performansı gibi unsurlarla birlikte değerlendirilmelidir.

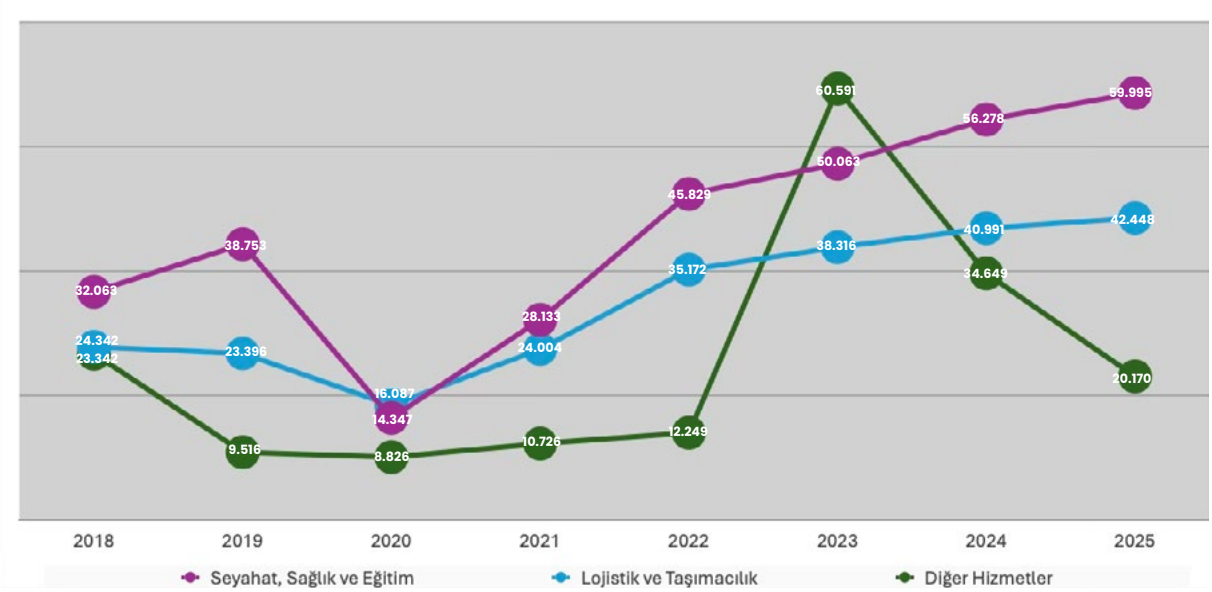
LPI 2023 raporunda ayrıca küresel konteyner taşımacılığında çıkış ve varış noktaları arasındaki ortalama sürenin 44 gün olduğu; gecikmelerin önemli bölümünün limanlar, çok modlu aktarma tesisleri ve ithalat süreçlerinde yoğunlaştığı belirtilmektedir. Bu bulgu, lojistik performansın yalnızca taşıma süresiyle değil; liman verimliliği, gümrük işlemleri, dijital takip sistemleri ve modlar arası entegrasyonla doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu nedenle Türkiye açısından lojistik performansın artırılması; dijital gümrük uygulamalarının yaygınlaştırılması, liman ve lojistik merkez verimliliğinin artırılması, intermodal bağlantıların güçlendirilmesi ve düşük karbonlu taşıma seçeneklerinin geliştirilmesiyle birlikte ele alınmalıdır.

Dünya Bankası'nın LPI ölçüm yaklaşımındaki metodolojik değişiklik, zaman serisinin yorumlanmasında bir kırılma yaratmaktadır. 2007–2023 dönemindeki klasik LPI sonuçları büyük ölçüde uzman değerlendirmelerine dayanırken, 2026 yılında duyurulan LPI 2.0 yaklaşımı sevkiyat düzeyindeki operasyonel takip verileri ile bağlantısallık, hız ve güvenilirlik göstergelerini öne çıkarmaktadır. Bu nedenle yeni göstergeler önceki ülke sıralamalarının devamı olarak değil, lojistik performansın farklı veri kaynaklarıyla ölçüldüğü yeni bir çerçeve olarak değerlendirilmelidir. Türkiye için yapılacak izleme çalışmalarında klasik LPI serisi tarihsel eğilimi göstermek üzere korunmalı; LPI 2.0 göstergeleri ise ayrı bir başlangıç çizgisi üzerinden takip edilmelidir.

Türkiye'nin yakın coğrafyadaki üretim ve lojistik fırsatları, komşu ve Orta Asya ülkelerinin başlıca ticaret ortakları ile yüksek hacimli ürün gruplarını karşılaştıran düzenli bir pazar analiziyle izlenmelidir. Türkiye'de rekabetçi biçimde üretilebilecek ürünlerde talep büyüklüğü, lojistik maliyet, teslimat süresi, yerel mevzuat, finansman ihtiyacı ve tedarik güvenliği birlikte değerlendirilmelidir. Teşvik ve kapasite geliştirme kararları, bu analiz sonucunda belirlenen ürün–pazar eşleşmelerine ve ölçülebilir ihracat hedeflerine dayandırılmalıdır.

Türkiye'nin dış ticaret hacmi 2025 yılında artış eğilimini sürdürmüştür. Ticaret Bakanlığı'nın geçici dış ticaret verilerine göre 2025 yılında ihracat 273,4 milyar dolar, ithalat 365,5 milyar dolar, dış ticaret hacmi ise yaklaşık 639 milyar dolar seviyesinde gerçekleşmiştir. TÜİK ve Ticaret Bakanlığı iş birliğiyle yayımlanan dış ticaret istatistikleri de 2025 yılında ihracatın bir önceki yıla göre yaklaşık %4,4, ithalatın ise %6,2 oranında arttığını göstermektedir. Bu görünüm, dış ticaret hacmindeki büyümenin lojistik hizmetlere yönelik talebi desteklemeye devam ettiğini; ancak ithalat artışının ihracata kıyasla daha yüksek seyretmesinin taşıma, depolama, liman ve gümrük süreçleri üzerinde kapasite ve maliyet baskısını artırabileceğini göstermektedir. (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2026).

Şekil 2 – 2018-2025 Yıllarına Ait Hizmet İhracatı Kalemleri Değişim Grafiği



Kaynak: TÜİK, Hizmet Türlerine göre Uluslararası Hizmet Ticareti (Yazar tarafından hazırlanmıştır)

Şekil 2'de Türkiye'nin 2018–2025 dönemine ait hizmet ihracatı kalemleri gösterilmektedir. Veriler incelendiğinde, 2020 yılında tüm hizmet kalemlerinde belirgin bir daralma yaşandığı, izleyen yıllarda ise genel bir toparlanma sürecine girildiği görülmektedir. Bununla birlikte, toparlanma sürecinin hizmet kalemleri arasında farklı dinamikler çerçevesinde şekillendiği anlaşılmaktadır. Seyahat, sağlık ve eğitim hizmetlerinde 2021 sonrasında daha hızlı artış eğilimleri gözlenirken, lojistik ve taşımacılık hizmetleri dönem boyunca daha dengeli ve sürdürülebilir bir büyüme profili sergilemiştir. Diğer hizmetler kaleminde ise daha dalgalı bir seyir dikkat çekmektedir.

Bu görünüm, lojistik sektörünün hizmet ihracatı içerisindeki konumunun yalnızca büyüklük göstergeleri üzerinden değil, aynı zamanda sağladığı süreklilik, operasyonel dayanıklılık ve tedarik zinciri içindeki kritik rolü çerçevesinde değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle kriz dönemlerinde dahi faaliyet sürekliliğini koruyabilen ve toparlanma sürecinde istikrarlı katkı sunan lojistik sektörü, ekonomik sistemin işleyişinde stratejik bir altyapı bileşeni olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, sektörün performansının arkasındaki dinamiklerin ve gelecekteki gelişim alanlarının daha bütüncül bir perspektifle ele alınmasını gerekli kılmaktadır.

Pandemi sonrası dönemde belirginleşen maliyet yapısındaki değişimler, tedarik zinciri süreçlerindeki dönüşüm, dijitalleşme uygulamalarının yaygınlaşması ve sürdürülebilirlik odaklı yaklaşımlar, sektörün gelişim yönünü şekillendiren temel unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Söz konusu dönüşüm alanlarının sektör üzerindeki etkilerinin kapsamlı biçimde değerlendirilmesi, lojistik sektörünün rekabet gücünün artırılması ve uluslararası konumunun güçlendirilmesi açısından önem taşımaktadır.

Bu ihtiyaç doğrultusunda, sektörün mevcut yapısını, dönüşüm dinamiklerini ve geleceğe dair yönelimlerini bütüncül bir bakış açısıyla ele alan bu çalışma, TÜSİAD Ulaştırma ve Lojistik Çalışma Grubu öncülüğünde yürütülen "Yeni Nesil Lojistik" araştırma projesi kapsamında hazırlanmıştır. Araştırma, lojistik sektöründeki dönüşümü yalnızca makro göstergeler ve ikincil veri kaynakları üzerinden değerlendirmekle sınırlı kalmayıp, dönüşümün sahadaki yansımalarını ve sektör paydaşları üzerindeki etkilerini doğrudan ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Çalışmada öncelikle mevcut literatür, sektör raporları ile ulusal ve uluslararası istatistikler üzerinden kapsamlı veri analizi gerçekleştirilmiş; küresel eğilimler ile Türkiye'nin lojistik yapısının konumu

karşılaştırmalı bir perspektifle değerlendirilmiştir. Bu nicel çerçeve, sektör genelinde yürütülen anket çalışmaları ile desteklenmiş; işletmelerin dijitalleşme düzeyleri, sürdürülebilirlik uygulamaları, iş gücü yapısı, yatırım öncelikleri ve karşılaştıkları temel operasyonel sorunlar gibi konular ele alınmıştır. Sektör paydaşları ile belirlenen dijital dönüşüm, sürdürülebilirlik, e-ticaret lojistiği, iş gücü dönüşümü ve tedarik zinciri dayanıklılığı gibi temalar raporun genel çerçevesini oluşturmuştur.

Raporda farklı sektörlerden 19 şirketi temsil eden 35 temsilci ile gerçekleştirilen yüz yüze derinlemesine görüşmeler yoluyla işletmelerin stratejik karar süreçleri, dönüşüme uyum kapasiteleri ve uzun vadeli beklentileri ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Bu görüşmeler, dijital teknolojilerin operasyonel verimlilik üzerindeki etkilerinden sürdürülebilirlik yatırımlarının maliyet yapısına yansımalarına, iş gücü dönüşümünün insan kaynağı ihtiyacına etkilerinden tedarik zinciri dayanıklılığına kadar geniş bir tematik çerçevede yapılandırılmıştır. Raporda ele alınan konulara ilişkin farklı sektör (otomotiv, beyaz eşya, gıda, perakende gibi) temsilcileri ile lojistik sektörünün ortak sorun alanları ve çözüm önerileri karşılaştırmalı olarak da değerlendirilmiştir.

Bu çok katmanlı araştırma tasarımı sayesinde dijitalleşme, sürdürülebilirlik, e-ticaret lojistiği ve iş gücü dönüşümü gibi temel dönüşüm alanları yalnızca eğilim düzeyinde değil; uygulama pratikleri, maliyet etkileri ve rekabet gücüne yansımaları açısından bütüncül biçimde analiz edilmiştir. Böylece rapor, lojistik sektöründeki yapısal dönüşümü hem sayısal göstergeler hem de saha temelli içgörülerle destekleyen kapsamlı bir değerlendirme sunmaktadır. Buna ek olarak, rapor başlıklarının sektör paydaşları tarafından önceliklendirilerek belirlenmesi, çalışmanın sahadaki ihtiyaçlarla yüksek düzeyde uyumlu bir içerik mimarisi geliştirmesine katkı sağlamış; araştırmanın metodolojik olarak katılımcı ve uygulama odaklı bir yaklaşımla şekillenmesini mümkün kılmıştır.

Araştırma bulguları değerlendirilirken örneklemin kapsamı ve yöntemin sınırlılıkları dikkate alınmalıdır. Anket ve derinlemesine görüşmeler, sektörün farklı alt alanlarından uygulama deneyimlerini görünür kılmakla birlikte, bulgular Türkiye lojistik sektörünün tamamına yönelik istatistiksel genelleme amacı taşımamaktadır. Yüzde değerleri ilgili soruya yanıt veren katılımcılar üzerinden hesaplanmış; çoklu yanıt verilen sorularda toplam oranların yüzde 100'ü aşabileceği kabul edilmiştir. Nicel bulgular, görüşmelerden elde edilen nitel içgörüler ve ikincil verilerle birlikte yorumlanmıştır.

1. E-Ticaret Lojistiğinin Yükselişi ve Altyapı Dönüşümü

1.1 Türkiye Lojistik Sektöründe Yapısal Bir Dönüşüm Süreci

Bu bölüm, e-ticaret lojistiğindeki dönüşümü dört paydaş grubu açısından değerlendirmektedir. Perakendeciler ve üreticiler için temel gündem stok görünürlüğü, teslimat vaadi ve iade maliyetidir. Lojistik hizmet sağlayıcılar açısından kapasite esnekliği, veri entegrasyonu ve performans ölçümü öne çıkmaktadır. Teknoloji sağlayıcılar için birlikte çalışabilir ve ölçeklenebilir çözümler kritik önem taşırken; kamu kurumları ve yerel yönetimler açısından şehir içi lojistik alanları, sınır ötesi süreçler ve ortak standartlar belirleyici rol oynamaktadır.

Türkiye'de elektronik ticaretin son yıllarda sergilediği yüksek büyüme ivmesi, lojistik sektörünü yalnızca artan hacmi karşılamak zorunda kalan bir taşıma altyapısı olmaktan çıkararak; veriye dayalı olarak yönetilen, yüksek teknoloji entegrasyonuna sahip ve sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu bir yapıya dönüştürmektedir. Küresel literatür, e-ticaret lojistiğini geleneksel perakende dağıtımından ayıran temel unsurları "yüksek frekanslı sipariş akışı, düşük hacimli gönderi yapısı ve zaman duyarlı teslimat beklentisi" olarak tanımlamaktadır (Hübner, Holzapfel & Kuhn, 2016; Mangiaracina vd., 2019). Bu yapısal özellikler, lojistik altyapının yalnızca kapasite artırımıyla değil; organizasyonel ve teknolojik olarak yeniden tasarlanmasını zorunlu kılmaktadır.

E-ticaret siparişlerinin küçük hacimli ancak yüksek frekanslı olması, teslimat sürelerine ilişkin beklentilerin saat bazına inmesi ve iade oranlarının geleneksel perakendeye kıyasla daha yüksek seviyelere ulaşması, lojistik altyapının bütünsel biçimde yeniden kurgulanmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu yapı; depo içi toplama, ayrıştırma, paketleme, sevkiyata hazırlık ve stok güncelleme süreçlerini daha yoğun ve zaman baskısı yüksek operasyonlara dönüştürmektedir.

Özellikle tersine lojistik hacmindeki artış, ürünlerin depoya geri alınması, kontrol edilmesi, yeniden satışa uygunluğunun belirlenmesi, yeniden paketlenmesi ve stok kayıtlarına işlenmesi gibi ek süreçler nedeniyle depo içi iş yükünü ve operasyonel maliyetleri artırmaktadır. Tersine lojistik literatüründe de iade, yeniden kullanım, geri kazanım ve bertaraf süreçlerinin tedarik zinciri içinde ayrı bir planlama ve kontrol alanı oluşturduğu; bu süreçlerin etkin yönetilmemesi durumunda taşıma, depolama ve elleçleme maliyetlerini artırabileceği vurgulanmaktadır (Şengül, 2011; Temur ve Ayvaz, 2015).

Benzer şekilde Rogers ve Tibben-Lembke (1999), tersine lojistiğin yalnızca maliyet yaratan bir faaliyet değil, doğru yönetildiğinde değer geri kazanımı sağlayan stratejik bir alan olduğunu belirtmekte; e-ticaret lojistiği üzerine yapılan çalışmalar da iade oranlarının lojistik maliyet yapısını önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymaktadır (Agatz, Fleischmann ve van Nunen, 2008).

Bu çalışma kapsamında yapılan saha görüşmeleri de artan iade hacminin depo içi iş yükünü, işgücü planlamasını ve stok doğruluğunu doğrudan etkilediğini ortaya koymaktadır. Türkiye'de farklı lojistik operasyonlarında görev yapan sektör uzmanlarına uygulanan anket sonuçları da

benzer biçimde iade süreçlerinin maliyet baskısını artırdığına işaret etmektedir. Katılımcıların büyük bölümü, iade operasyonlarının depo kapasite planlaması ve operasyonel hız üzerinde doğrudan etkili olduğunu belirtmiştir.

Saha bulguları, bu dönüşümün merkezinde operasyonların anlık olarak izlenebilmesi, süreçlerin standartlaştırılmış otomasyon sistemleri üzerinden yürütülmesi ve karar alma mekanizmalarının veri temelli analizlere dayandırılması bulunduğunu göstermektedir. Christopher'ın (2016) yaptığı çalışmada, çevik tedarik zinciri yaklaşımı, belirsizlik ortamında görünürlük ve bilgi akışının rekabet avantajının temel belirleyicisi olduğunu ortaya koymaktadır. Türkiye'de lojistik işletmeleri yalnızca araç ve depo kapasitesini artırmak yerine; sipariş akışını, stok seviyelerini, teslimat performansını, iade oranlarını ve maliyet yapılarını eş zamanlı olarak izleyen dijital kontrol merkezleri kurmaya yönelmektedir. Bu yapı, lojistiği geçmişte olduğu gibi reaktif bir hizmet alanı olmaktan çıkararak proaktif, öngörüye dayalı ve stratejik bir değer zinciri bileşeni haline getirmektedir. Anket katılımcılarının önemli bir kısmı veriye dayalı planlama, dijital izlenebilirlik ve gerçek zamanlı operasyon takibini lojistik yönetiminin öncelikli gelişim alanları arasında değerlendirmektedir.

Büyük veri analitiği ile desteklenen yapay zeka tabanlı karar destek sistemleri; talep tahminlerinden depo yerleşim stratejilerine, sipariş konsolidasyonundan rota optimizasyonuna kadar birçok süreçte yenilikçi çözümler sunmaktadır. Bu tür sistemlerin, özellikle çok değişkenli ve dinamik operasyonel ortamlarda karar süreçlerini destekleyebileceği değerlendirilmektedir. Nitekim anket bulguları da bu dönüşüm beklentisinin belirli bir düzeyde karşılık bulduğunu göstermektedir. Katılımcıların %52'si büyük veri ve yapay zeka tabanlı tahminleme yaklaşımlarının lojistikte karar alma süreçlerini dönüştüreceğini belirtmiştir. Bu oran, söz konusu teknolojilere yönelik bir farkındalık ve beklenti bulunduğuna işaret etmekle birlikte, katılımcıların tamamı tarafından ortak bir öncelik olarak görülmediğini de düşündürmektedir.

Bu çerçevede, yapay zeka ve veri analitiği çözümlerinin lojistik süreçlerdeki kullanımına ilişkin eğilimlerin belirli ölçüde görünür olduğu, ancak bu kullanımın kapsamı, derinliği ve uygulama düzeyi hakkında farklı değerlendirmelerin söz konusu olabileceği ifade edilebilir. Dolayısıyla, bu teknolojilerin pratikte nasıl konumlandığı ve hangi ölçekte değer ürettiği konusu, daha ayrıntılı incelemeyi gerektiren bir alan olarak değerlendirilmektedir. Waller ve Fawcett (2013), büyük verinin tedarik zincirinde karar kalitesini artırdığını ve operasyonel riskleri azalttığını belirtmektedir. Ivanov ve Dolgui (2020) ise dijitalleşmiş tedarik ağlarının belirsizlik karşısında daha dayanıklı olduğunu ortaya koymaktadır.

Türkiye'de saha bulguları, üretim ve ihracat yoğunluğu yüksek büyük ölçekli işletmelerin bu dönüşüme daha hızlı uyum sağladığını göstermektedir. Orta ve küçük ölçekli işletmelerde ise dijitalleşme yatırımlarının finansal boyutunun daha temkinli değerlendirildiği ve yüksek ilk yatırım maliyetlerinin engelleyici bir faktör olduğu belirtilmiştir. Bu durum, sektör içinde dijitalleşme temelli bir performans ayrışması yaratmaktadır. Elde edilen anket verilerinde de dijitalleşme düzeyinin işletmeler arasında homojen olmadığı görülmüş; bazı katılımcılar sistem entegrasyonunun yüksek olduğu yapılardan bahsederken, bazıları manuel süreçlerin hâlen belirleyici olduğunu ifade etmiştir.

KOBİ'lerin dijital dönüşüm sürecinde desteklenmesi, yalnızca Türkiye lojistik sektörü açısından değil, Avrupa pazarlarıyla entegrasyon bakımından da önem taşımaktadır. Avrupa Komisyonu verilerine göre AB'deki işletmelerin yaklaşık %99'u KOBİ niteliğindedir ve bu işletmeler 85 milyondan fazla kişiye istihdam sağlamaktadır. Bu yapı, dijitalleşme ve yeşil dönüşüm politikalarının KOBİ'leri kapsamadığı durumda dönüşümün ekonomik sistemin geneline yayılmasının sınırlı kalabileceğini göstermektedir. Lojistik sektörü açısından bakıldığında, depo otomasyonu, dijital takip sistemleri,

veri entegrasyonu, karbon ölçümü ve enerji verimliliği yatırımları KOBİ'ler için önemli bir maliyet baskısı oluşturmaktadır. Bu nedenle, yeni nesil lojistik dönüşümünün kapsayıcı biçimde gerçekleşebilmesi için KOBİ'lere yönelik finansman, eğitim, ortak dijital altyapı ve teknik danışmanlık mekanizmalarının güçlendirilmesi gerekmektedir.

E-ticaret lojistiğinin maliyet ve sürdürülebilirlik boyutundaki kırılganlığı her geçen gün artmaktadır. E-ticaret lojistiği yalnızca son kilometre (kargo) dağıtım süreçlerinden ibaret olmayıp, tedarik zincirinin tamamını kapsayan bir taşıma yapısı üzerinden şekillenmektedir. Bu kapsamda, ürünlerin tedarik noktalarından dağıtım merkezlerine taşındığı ana taşıma (line-haul) süreçleri ile şehir içi dağıtım faaliyetleri birlikte değerlendirilmelidir.

Türkiye'de iç taşımacılık yapısının ağırlıklı olarak karayoluna dayanması, e-ticaret kaynaklı artan sevkiyat hacmi ile birleştiğinde, özellikle şehirlerarası ve şehir içi taşıma süreçlerinde maliyet ve emisyon baskısını artırmaktadır. Denizyolu ve demiryolunun toplam taşımadaki payının sınırlı kalması; hız ve esneklik gereksinimleri nedeniyle karayolunun öncelikli tercih edilmesi ve e-ticaret hacmine bağlı olarak şehir içi dağıtım yoğunluğunun artması, yakıt tüketimi ve karbon emisyonlarının yükselmesine neden olmaktadır (EEA, 2022).

Bu çerçevede, e-ticaret lojistiğinde karşılaşılan maliyet ve sürdürülebilirlik sorunları yalnızca kargo operasyonlarının değil, aynı zamanda ana taşıma sistemlerinin yapısal özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Rodrigue (2020) çalışmasında, tek modlu taşımacılık yapılarının uzun vadede hem ekonomik hem de çevresel riskler barındırdığını vurgulamaktadır. Sektörün gerekli dönüşümleri, yalnızca dijitalleşme uygulamaları ile sınırlı kalmayıp, farklı taşıma modlarının entegre edildiği intermodal çözümlerin geliştirilmesini de kapsamaktadır. Nitekim anket katılımcılarının önemli bir bölümü intermodal taşımacılığın maliyet avantajı sağlayabileceğini belirtmekte; ancak altyapı ve operasyonel entegrasyon eksikliklerinin bu dönüşümün önünde temel bir engel oluşturduğunu ifade etmektedir.

Türkiye'de e-lojistiğin gelişimi açısından gelecekte yatırım yapılması gereken alanlara ilişkin çoklu yanıtlı anket sorusunda yapay zeka uygulamaları katılımcıların %74'ü tarafından işaretlenmiştir. Bunu %65 ile dijital tedarik zinciri ve %57 ile sürdürülebilirlik izlemektedir. Bu dağılım, katılımcıların teknoloji, entegrasyon ve çevresel performansı birbirini tamamlayan yatırım alanları olarak gördüğünü göstermektedir; ancak oranlar uygulama düzeyini veya yatırım taahhüdünü değil, katılımcıların öncelik algısını yansıtmaktadır.

Bununla birlikte, veri analitiği (%44), takip edilebilirlik (%44) ve ticaretin kolaylaştırılmasına yönelik düzenlemeler (%44) gibi unsurların da katılımcılar tarafından sıklıkla dile getirildiği görülmektedir. Bu alanları; dijital gümrük süreçleri (%35), akıllı depo sistemleri (%31) ve mikro sipariş karşılama merkezleri (micro-fulfillment) (%31) gibi operasyonel ve altyapı odaklı başlıklar takip etmektedir. Görece daha düşük oranlarda ise mikro mobilite çözümleri (%27), izleme-görünürlük (%27) ve çok kanallı perakende (%18) gibi konular vurgulanmıştır.

Genel bir değerlendirme yapmak gerekirse, katılımcı yanıtlarının hem teknoloji odaklı (yapay zeka, veri analitiği), hem operasyonel (depolama, fulfillment), hem de düzenleyici ve kurumsal (ticaretin kolaylaştırılması, dijital gümrük) boyutları kapsadığı görülmektedir.Ancak bu dağılımın, söz konusu alanların önem sırasından ziyade paydaşların genel eğilim ve tercihlerinin bir yansıması olduğu unutulmamalıdır.

Çok kanallı satış modellerinin yaygınlaşmasıyla birlikte mağazalar, dağıtım merkezleri ve çevrimiçi sipariş platformları tek bir entegre ağ yapısı içinde yönetilmeye başlanmıştır. Hübner, Wollenburg ve Holzapfel (2016), çok kanallı (omni-channel) perakendenin depo ağ tasarımını köklü biçimde değiştirdiğini ve mağazaların mikro dağıtım noktalarına dönüştüğünü ortaya koymaktadır. Türkiye'de de stokların ağ genelinde dinamik biçimde paylaşılması ve siparişlerin

müşteriye en yakın lokasyondan otomatik olarak yönlendirilmesi, mekânsal planlama anlayışını dönüştürmektedir. Bu yeni altyapı modeli, merkezi depolara dayalı hiyerarşik yapıdan; çok merkezli, dijital olarak senkronize edilmiş ve esnek bir dağıtım ağına geçişi temsil etmektedir.

Bununla birlikte saha görüşmeleri, tedarikçi seçimi ve Üçüncü Parti Lojistik (3PL) yapılandırmalarında standartlaşma eksiklikleri bulunduğunu göstermektedir. Çok sayıda hizmet sağlayıcı bulunmakla birlikte performans ölçümü çoğu zaman sistematik Temel Performans Göstergesi (KPI) temelli yapılmamaktadır. Teslimat performansı, servis seviyesi ve maliyet kriterleri literatürde temel performans göstergeleri olarak tanımlanmakla birlikte (Mentzer vd., 2001), uygulamada veri temelli karşılaştırmalar sınırlı kalabilmektedir. Bu durum, özellikle e-ticarette müşteri deneyimi açısından risk oluşturmakta ve dijital performans ölçüm altyapısının önemini artırmaktadır. Anket sonuçlarında da benzer şekilde, sektör uzmanları performans ölçümünün işletmeler arasında standartlaşmadığını ve veri temelli KPI kullanımının henüz tüm işletmelerde sistematik hale gelmediğini belirtmiştir.

Lojistik sektöründe sürdürülebilir ve dengeli bir büyümenin sağlanabilmesi, yalnızca tekil işletmelerin performans artışına değil; tedarik zinciri boyunca yer alan tüm paydaşların uyum içinde hareket edebildiği bütünleşik bir yapının oluşturulmasına bağlıdır. Üreticiler, lojistik hizmet sağlayıcılar, taşıyıcılar, depolama ve dağıtım aktörleri ile kamu kurumları arasında kurulacak etkin koordinasyon, sektörün genel verimliliğini, hizmet kalitesini ve rekabet gücünü doğrudan etkilemektedir.

Mevcut yapı incelendiğinde, paydaşlar arasındaki etkileşimin çoğu zaman operasyonel ihtiyaçlar çerçevesinde ve sınırlı düzeyde kaldığı; uzun vadeli, sistematik ve bütüncül bir iş birliği modelinin ise henüz tam olarak oluşturulamadığı görülmektedir. Bu durum, özellikle süreçler arası uyumsuzluklara, kapasite kullanımında verimsizliklere ve maliyet artışlarına neden olabilmektedir.

Bu çerçevede, lojistik ekosisteminde yer alan tüm aktörlerin süreç, standart ve uygulama düzeyinde daha yüksek bir entegrasyon seviyesine ulaşması gerekmektedir. Ortak standartların geliştirilmesi, bilgi paylaşımının artırılması ve koordinasyon mekanizmalarının güçlendirilmesi, sektör genelinde daha öngörülebilir ve verimli bir yapı oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

Ayrıca, sektördeki büyümenin yalnızca işletme özelinde performans artışlarıyla değil, birlikte değer yaratma yaklaşımı ile ele alınması önem taşımaktadır. Paydaşlar arasında geliştirilecek güçlü iş birliği yapıları, ölçek ekonomilerinden daha etkin yararlanılmasını mümkün kılarken, sektördeki dönüşüm süreçlerinin daha dengeli ve kapsayıcı bir şekilde ilerlemesine katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, lojistik sektöründe kalıcı rekabet avantajının elde edilebilmesi, fiziksel altyapı yatırımları kadar paydaşlar arası entegrasyonun güçlendirilmesine ve birlikte büyümeyi destekleyen bir ekosistem yaklaşımının benimsenmesine bağlıdır.

1.2 Depolama ve Dağıtım Sistemlerinde Yeni Altyapı Paradigması

1.2.1 Mikro Dağıtım Merkezleri ve Otomasyon Odaklı Kapasite Yönetimi

E-ticaretin hız, esneklik ve müşteri odaklılık gereksinimleri, geleneksel büyük ölçekli merkezi depo modelini tek başına yetersiz kılmaktadır. Literatürde bu dönüşüm, mikro sipariş karşılama sistemleri kavramı çerçevesinde ele alınmaktadır (Boysen, Fedtke & Schwerdfeger, 2021). Bu yaklaşım, siparişlerin müşteriye en yakın noktadan, yüksek otomasyon desteğiyle ve minimum işlem süresiyle hazırlanmasını hedeflemektedir.

Saha bulguları, Türkiye'de de işletmelerin giderek daha fazla mikro dağıtım merkezlerine yöneldiğini ve bu merkezlerin robotik toplama sistemleri, otomatik raf yapıları, sensör tabanlı izleme altyapıları ve gelişmiş depo yönetim sistemleri (DYS) ile entegre biçimde tasarlandığını göstermektedir. De Koster, Le-Duc ve Roodbergen (2007), otomatik depo sistemlerinin sipariş hazırlama hızını artırdığını ve hata oranlarını önemli ölçüde azalttığını ortaya koymuştur. Türkiye'de yapılan görüşmeler de otomasyon yatırımlarının, özellikle yoğun kampanya dönemlerinde kapasite esnekliği sağladığını vurgulamaktadır. Bu çalışma kapsamında sektör uzmanlarına uygulanan anket sonuçları da, depo operasyonlarında hız ve hata oranı yönetiminin kritik önemde görüldüğünü ve depo ile stok yönetimi süreçlerinin dijitalleşmesinin sektörün öncelikli gelişim alanlarından biri olarak değerlendirildiğini ortaya koymuştur.

Ancak dijitalleşme düzeyi işletmeler arasında homojen değildir. Özellikle Kurumsal Kaynak Planlama (KKP)-DYS entegrasyonu, veri standardizasyonu ve gerçek zamanlı stok görünürlüğü konularında farklılaşmalar gözlemlenmektedir. Bazı işletmelerin hâlen manuel müdahaleye dayalı süreçlerle çalışması, sipariş doğruluğunu ve operasyonel hızı olumsuz etkileyebilmektedir. Anket bulgularında bazı katılımcılar tam entegre depo sistemlerinden bahsederken, önemli bir kısmı manuel müdahale gerektiren süreçlerin hâlen sürdüğünü ifade etmektedir. Bu durum, sektörde dijital dönüşüm ve olgunluk seviyelerinin işletmeden işletmeye değiştiğini ortaya koymaktadır.

Mikro dağıtım merkezlerinin müşteriye yakın konumlandırılması, taşıma mesafelerini azaltmakta, teslimat sürelerini kısaltmakta ve yakıt tüketimini düşürmektedir. Gevaers, Van de Voorde ve Vanelslander (2014), şehir içi e-ticaret dağıtımının trafik yoğunluğu ve karbon emisyonları üzerindeki etkisini analiz ederek mikro merkez modelinin çevresel faydalar sağlayabileceğini ortaya koymuştur. Türkiye bağlamında da saha görüşmeleri, bu modelin özellikle büyükşehirlerde teslimat performansını iyileştirdiğini; ancak arsa maliyetleri ve şehir planlaması kısıtları nedeniyle ölçeklenebilirlik sorunu yarattığını göstermiştir. Anket katılımcılarının bir bölümü, şehir içi dağıtımda teslimat sürelerini azaltma ve operasyonel verimlilik sağlama açısından mikro merkez yaklaşımını avantajlı bulurken; yüksek maliyet ve fiziksel altyapı kısıtları sebebiyle bu modelin her işletme tarafından kolaylıkla uygulanamadığını vurgulamıştır.

Bu yeni altyapı modeli yalnızca operasyonel verimlilik sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda şehir içi lojistikte trafik yoğunluğu, gürültü ve çevresel baskıları azaltma potansiyeli taşımaktadır. Ancak bu potansiyelin gerçekleşebilmesi için yerel yönetim planlaması ile lojistik stratejilerin koordineli ilerlemesi gerekmektedir. Anket sonuçlarında sürdürülebilirlik uygulamalarına yönelik verilen cevaplar da bu yaklaşımı desteklemektedir. Katılımcıların büyük bölümü karbon azaltımı ve enerji verimliliği hedeflerinin depo ve dağıtım altyapısı kararlarını giderek daha fazla etkilediğini belirtmektedir.

Bu çerçevede, depo ve dağıtım altyapısına yönelik dönüşümün yalnızca şehir içi operasyonel verimlilik perspektifiyle değil, aynı zamanda taşıma sistemleri arasındaki bütünleşik yapı göz önünde bulundurularak planlanması gerekmektedir. Özellikle farklı taşıma modları arasındaki geçişlerin etkinliği, lojistik sistemin genel performansını belirleyen temel unsurlardan biri haline gelmektedir.

Depolama altyapısına ilişkin dönüşüm yalnızca kapasite artışı ile sınırlı kalmamakta; aynı zamanda farklı taşıma modları arasında entegrasyonu destekleyen bir sistem yapısının kurulmasını gerektirmektedir. Saha değerlendirmeleri, depo operasyonlarının karayolu, demiryolu ve denizyolu taşımacılığı arasında etkin geçişi mümkün kılacak şekilde yeniden yapılandırılmasına işaret etmektedir. Bu çerçevede depolar, yalnızca stoklama alanları olmaktan çıkarak, yük konsolidasyonu, ayrıştırma ve modlar arası aktarma süreçlerini yöneten lojistik düğüm noktalarına dönüşmektedir.

Özellikle intermodal taşımacılığın etkin biçimde uygulanabilmesi için depo altyapısının, farklı taşıma modları arasında fiziksel bağlantıyı sağlayan ve bu süreçleri dijital sistemler üzerinden izleyebilen bir yapıya sahip olması kritiktir. Türkiye'nin jeostratejik konumu, ülkeyi doğu-batı ve kuzey-güney eksenlerinde önemli bir transit merkez olma potansiyeline sahip kılmaktadır. Ancak bu potansiyelin etkin biçimde değerlendirilebilmesi; taşıma modları arasındaki fiziksel bağlantıların güçlendirilmesi, lojistik merkezlerin intermodal yapıya uygun şekilde geliştirilmesi ve altyapı yatırımları ile beraber depolama alanlarına yönelik yatırımların bütüncül bir yaklaşımla ele alınmasına bağlıdır. Mevcut durumda modlar arası entegrasyonun sınırlı kalması, bu potansiyelin tam anlamıyla hayata geçirilmesini engelleyen temel faktörlerden biri olarak değerlendirilmektedir.

1.2.2 Son Kilometrede Veri Temelli Yönetim Yaklaşımı

Son kilometre dağıtımı, e-ticaret lojistiğinin en maliyetli ve en karmaşık halkası olarak kabul edilmektedir (Gevaers vd., 2014). Teslimat zaman aralığı beklentileri, yüksek iade oranları ve müşteri bazlı esneklik talepleri, bu aşamayı operasyonel açıdan kritik hale getirmiştir.

Yeni nesil planlama sistemleri, gerçek zamanlı veri akışına dayalı dinamik optimizasyon mekanizmalarını devreye almaktadır. Yapay zeka destekli algoritmalar; trafik yoğunluğu, hava koşulları, teslimat zaman aralıkları, müşteri tercihleri ve araç kapasitelerini birlikte analiz ederek dağıtım ağını sürekli yeniden yapılandırmaktadır. Ivanov ve Dolgui (2020), bu tür dinamik ağ yapılandırmalarının belirsizlik ortamında sistem dayanıklılığını artırdığını göstermektedir. Sektör uzmanlarına uygulanan anket sonuçlarında da veriye dayalı planlama, rota optimizasyonu ve gerçek zamanlı operasyon takibi en sık vurgulanan gelişim alanları arasında yer almaktadır. Bu durum, veri temelli son kilometre yönetiminin sektörde güçlü bir beklenti haline geldiğini ortaya koymaktadır.

Son kilometre performansının görünmeyen maliyetlerinden biri başarısız ilk teslimattır. Adreste bulunamama, yanlış adres, teslimat zaman aralığı uyumsuzluğu ve müşteri kaynaklı erteleme gibi nedenler; yeniden dağıtım, ek yakıt tüketimi, çağrı merkezi yükü ve müşteri memnuniyetsizliği yaratmaktadır. Bu nedenle ilk denemede teslimat oranı, teslimat başına toplam maliyet ve başarısız teslimatın oluşturduğu ek emisyon, son kilometre performansının birlikte izlenmesi gereken göstergeleridir.

Saha bulguları, Türkiye'de son kilometre operasyonlarının hâlen parçalı bir yapıya sahip olduğunu ve performans ölçümünün her işletmede sistematik KPI temelli yürütülmediğini ortaya koymaktadır. Teslimat performansı, servis seviyesi ve maliyet kriterleri literatürde temel göstergeler olarak tanımlanmakla birlikte (Mentzer vd., 2001), uygulamada veri temelli entegrasyon sınırlı kalabilmektedir. Bu durum, müşteri memnuniyeti ve operasyonel maliyetler üzerinde doğrudan etki yaratmaktadır. Anket verilerinde de benzer şekilde teslimat performansının ölçülmesinde standart uygulamaların her işletmede bulunmaması ve özellikle entegrasyon ile veri paylaşımı konularında farklılıklar olması katılımcılar tarafından ifade edilmiştir.

Sürdürülebilirlik açısından bakıldığında ise yalnızca alternatif yakıt kullanımına odaklanmak yeterli değildir. McKinnon (2018), lojistikte karbon azaltımının temel yolunun operasyonel hareket miktarının azaltılması ve rota optimizasyonu olduğunu belirtmektedir. Türkiye'de karbon ayak izi ölçümü ve raporlama uygulamalarının giderek daha fazla gündeme gelmesi, özellikle sınır ötesi e-ticarette rekabet gücü açısından belirleyici hale gelmektedir. Anket sonuçları da bunu destekler nitelikte olup, katılımcıların önemli bir kısmı karbon ölçümü ve enerji verimliliği uygulamalarının artık operasyonel kararların bir parçası haline geldiğini belirtmiştir.

1.2.3 Dijital Tersine Lojistik ve Döngüsel Değer Zinciri Oluşumu

E-ticaretin doğası gereği iade oranlarının yüksek olması, tersine lojistik süreçlerini operasyonel bir zorunluluktan stratejik bir yönetim alanına dönüştürmüştür. Rogers ve Tibben-Lembke (1999), tersine lojistiği değer geri kazanımı perspektifiyle ele almış; daha sonraki çalışmalar ise tersine lojistiğin döngüsel ekonomiyle doğrudan bağlantılı olduğunu göstermiştir (Genovese vd., 2017). Bu çalışma kapsamında sektör uzmanlarına uygulanan anket sonuçları da iade süreçlerinin lojistik operasyonların en kritik maliyet unsurlarından biri olarak algılandığını ortaya koymuş; katılımcıların önemli bir bölümü tersine lojistik faaliyetlerinin operasyonel verimlilik ve depo iş yükü üzerinde doğrudan etkili olduğunu belirtmiştir.

Tersine lojistik gereksinimleri ürün grubuna göre önemli ölçüde farklılaşmaktadır. Tekstil ve ayakkabıda beden ve tercih kaynaklı iadeler hızlı sınıflandırma ve yeniden satış kapasitesini öne çıkarırken; elektronikte teknik kontrol, veri güvenliği ve yenileme süreçleri önem kazanmaktadır. Gıda ve sağlık ürünlerinde ise hijyen, raf ömrü ve yeniden satış kısıtları daha belirleyicidir. Bu nedenle ortak bir dijital iade altyapısı kurulurken ürün kategorisine özgü kabul, kontrol, yeniden kullanım ve bertaraf kurallarının tanımlanması gerekmektedir.

Saha görüşmeleri, Türkiye'de işletmelerin iade süreçlerini manuel operasyonlardan çıkararak dijital platformlar üzerinden yönettiğini göstermektedir. İade taleplerinin çevrimiçi sistemler aracılığıyla oluşturulması, ürünlerin algoritmik yönlendirme ile uygun iade merkezine taşınması ve kalite kontrol süreçlerinin veri tabanlı yürütülmesi, tersine lojistiği ölçülebilir ve izlenebilir bir yapıya kavuşturmuştur. Anket bulgularında da dijital platformlar aracılığıyla süreç yönetimi ve veri temelli takip sistemleri, lojistik operasyonların geleceği açısından öne çıkan unsurlar arasında yer almaktadır. Bu durum tersine lojistik faaliyetlerinin giderek daha fazla dijital altyapı ile desteklendiğini ortaya koymaktadır.

Bu yapı, yalnızca maliyetleri azaltmakla kalmayıp yeniden satış, onarım ve yeniden paketleme süreçleri aracılığıyla ekonomik değer de yaratmaktadır. Döngüsel ekonomi literatürü, ürün yaşam döngüsünün uzatılmasının hem çevresel hem ekonomik performansı iyileştirdiğini ortaya koymaktadır (Geissdoerfer vd., 2017). Türkiye'de saha bulguları, özellikle elektronik ve tekstil sektöründe iade yönetiminin yeniden satış oranını artırarak stok kayıplarını azalttığını göstermektedir. Anket katılımcılarının önemli bir kısmı da iade süreçlerinin yalnızca operasyonel bir zorunluluk olmaktan çıkarak doğru yönetildiğinde maliyetleri azalttığını ve stok kullanım verimliliğini artırdığını ifade etmiştir.

Bununla birlikte anket sonuçları, iade süreçlerinin hâlen birçok işletmede operasyonel karmaşıklık yarattığını göstermektedir. Katılımcılar özellikle ürünlerin sınıflandırılması, yeniden stoklama süreçleri ve iade operasyonlarının depo kapasitesi üzerindeki baskısı gibi konuların yönetimsel zorluklar yarattığını belirtmiştir. Bu durum, dijital tersine lojistik sistemlerinin yalnızca teknoloji yatırımı değil; süreç standardizasyonu ve operasyonel yeniden tasarım gerektirdiğini vurgulamaktadır.

Ayrıca anket bulgularında tersine lojistikte veri entegrasyonu eksikliği ve süreçlerin işletmeler arasında standartlaşmamış olması da dikkat çeken bir unsur olarak yer almaktadır. Bu bulgu, döngüsel değer zincirinin tam anlamıyla kurulabilmesi için yalnızca işletme içi dijitalleşmenin değil, tedarik zinciri genelinde veri paylaşımına dayalı koordinasyonun önemini ortaya koymaktadır.

E-ticarette iadelerin ekonomik ve çevresel maliyetini azaltmaya yönelik politika seçenekleri, tüketici hakları ve rekabet koşulları korunarak değerlendirilmelidir. İlk aşamada ürün kategorisi bazında iade oranı, taşıma hareketi, kalite kontrol işçiliği, değer kaybı, satışa kapalı kalma süresi ve emisyon etkisi ölçülmelidir. Ardından ücretsiz iade sınırları, tüketicinin önceden bilgilendirilmesi, kusurlu ürün istisnaları ve satıcı sorumluluğu gibi alternatifler pilot uygulamalarla karşılaştırılmalı; düzenleme kararı ölçülen sonuçlara dayandırılmalıdır.

1.2.4 Sınır Ötesi E-Ticarette Dijital Entegrasyonun Stratejik Rolü

Sınır ötesi e-ticarette rekabet gücü giderek dijital entegrasyon kapasitesine bağlı hale gelmektedir. Lojistik performansın yalnızca fiziksel altyapı yatırımlarıyla değil, dijital görünürlük ve veri standardizasyonu ile desteklenmesi gerekmektedir (World Bank, 2018). Bu çalışma kapsamında sektör uzmanlarına uygulanan anket sonuçları da dijital entegrasyonun yalnızca operasyonel hız değil, rekabet gücü açısından da kritik görüldüğünü ortaya koymaktadır. Katılımcıların önemli bir bölümü veri paylaşımı, dijital platform kullanımı ve süreç entegrasyonunu sınır ötesi lojistikte temel gelişim alanları arasında değerlendirmiştir.

Saha bulguları, gümrük süreçlerinin özellikle ithalat tarafında zaman alıcı ve karmaşık olabildiğini ve dijital entegrasyon eksikliğinin teslimat sürelerini uzattığını göstermektedir. New Computerised Transit System- Yeni Bilgisayarlı Transit Sistemi (NCTS) gibi dijital transit sistemlerinin entegrasyonu, işlem süresini azaltmakta ve hata oranlarını düşürmektedir. Rodrigue (2020), intermodal taşımacılığın dijital izlenebilirlik sistemleri ile desteklenmediği durumlarda beklenen verimlilik artışının gerçekleşmediğini vurgulamaktadır. Anket sonuçlarında da katılımcılar, gümrük ve sınır geçiş süreçlerinin operasyonel gecikmeler yarattığını ve dijital entegrasyon seviyesinin yetersiz olduğu durumlarda teslimat performansının olumsuz etkilendiğini belirtmiştir.

Demiryolu, denizyolu ve karayolu taşımacılığının entegre edildiği intermodal ağların dijital platformlar üzerinden izlenebilir hale gelmesi, maliyet optimizasyonu ve karbon performans ölçümü açısından kritik önem taşımaktadır. Bu nedenle sınır ötesi lojistik altyapısı yalnızca fiziksel kapasite ile sınırlı kalmamalı; veri paylaşım sistemleri ve otomatik raporlama mekanizmalarını içeren bir dijital ekosistem olarak kurgulanmalıdır. Anket verileri, intermodal taşımacılığın maliyet avantajı potansiyeline rağmen altyapı eksikliği ve modlar arası koordinasyon sorunları nedeniyle istenen düzeyde etkin kullanılmadığını göstermektedir. Katılımcılar özellikle dijital izlenebilirlik ve süreç entegrasyonunun artırılmasının intermodal taşımacılığın yaygınlaşmasında kritik rol oynayacağını vurgulamıştır.

Ek olarak anket bulguları, sektör içinde dijital standartlaşma seviyesinin heterojen olduğunu göstermektedir. Bazı işletmeler sınır ötesi operasyonlarda entegre veri sistemleri kullanırken, bazı katılımcılar süreçlerin hâlen manuel takip edildiğini ifade etmiştir. Bu durum, dijital entegrasyonun yalnızca teknoloji yatırımı değil, sektör genelinde ortak standartların geliştirilmesi gerekliliğine işaret etmektedir.

Türkiye'de e-ticaret lojistiği, niceliksel büyüme odaklı bir genişleme sürecinden; veriye dayalı, otomasyon yoğun ve sürdürülebilirlik eksenli bir yapısal dönüşüm sürecine girmiştir. Mikro dağıtım merkezleri, yapay zeka destekli planlama sistemleri, dijital tersine lojistik platformları ve çok kanallı entegrasyon çözümleri sektörde yeni altyapı normunu oluşturmaktadır.

Saha bulguları ve literatür birlikte değerlendirildiğinde dönüşüm üç eksende yoğunlaşmaktadır:

- Dijitalleşme (gerçek zamanlı görünürlük ve veri entegrasyonu)
- Verimlilik (stok, rota ve kapasite optimizasyonu)
- Sürdürülebilirlik (karbon azaltımı ve döngüsel değer üretimi)

Bu bölümde önerilen dönüşümün izlenmesi için sınırlı sayıda ortak gösterge kullanılmalıdır. Göstergeler; mevcut durum değeri, hedef yıl, veri kaynağı, ölçüm sıklığı ve sorumlu aktör ile birlikte tanımlanmalıdır. İşletme ölçeği, bölge, taşıma modu ve alt sektör bazındaki farklılıklar ayrıca yayımlanmalı; böylece ulusal ortalamaların performans ayrışmalarını gizlemesi önlenmelidir.

1.2.5 Sonuç

E-ticaretin hızlı büyümesi, lojistik sektöründe taşıma hacminin ötesinde depo yönetimi, sipariş karşılama, iade süreçleri, son kilometre teslimatı ve veri temelli operasyon yönetimini birlikte dönüştürmektedir. Küçük hacimli ve yüksek frekanslı sipariş yapısına uyum için işletmelerin gerçek zamanlı stok görünürlüğü, standartlaştırılmış performans göstergeleri, esnek kapasite planlaması ve dijital tersine lojistik altyapısı geliştirmesi gerekmektedir. Kamu politikaları ise şehir içi mikro dağıtım alanları, sınır ötesi veri entegrasyonu, KOBİ finansmanı ve intermodal bağlantılar üzerinden bu dönüşümü desteklemelidir.

Sınır ötesi e-ticarette dijital entegrasyonun KOBİ'ler açısından değeri, yalnızca işlem hızından ibaret değildir. Ürün sınıflandırması, vergi ve gümrük yükümlülükleri, iade yönetimi, taşıma maliyetinin hesaplanması ve müşteriye toplam teslimat maliyetinin önceden gösterilmesi; küçük işletmelerin yeni pazarlara güvenle erişebilmesinde belirleyici rol oynamaktadır. Ortak kullanım platformları, standart veri arayüzleri ve rehberlik hizmetleri, KOBİ'lerin bu süreçlerde karşılaştığı bilgi ve ölçek dezavantajını azaltabilir.

E-ticaret lojistiğinde dönüşümün etkisi; sipariş çevrim süresi, sipariş doğruluğu, ilk denemede teslimat oranı, teslimat başına toplam maliyet, iade çevrim süresi, yeniden satışa kazandırılan ürün oranı, stok doğruluğu, araç doluluk oranı ve teslimat başına emisyon göstergeleriyle izlenmelidir. Bu göstergelerin perakendeciler, lojistik hizmet sağlayıcılar ve taşıyıcılar arasında ortak tanımlarla kullanılması, hizmet seviyesi ile maliyet arasındaki ilişkinin şeffaf biçimde yönetilmesini sağlayacaktır.

Bu bölümde öne çıkan temel sonuç, e-ticaret lojistiğinin yalnızca kargo ve teslimat süreçleriyle sınırlı olmamasıdır. Ana taşıma, depo ağı, mikro sipariş karşılama merkezleri, tersine lojistik ve müşteri deneyimi birlikte ele alınmalıdır. Türkiye açısından bu dönüşümün başarısı; dijital altyapının güçlendirilmesine, veri temelli performans ölçümüne, taşıma modları arasında entegrasyona ve iade süreçlerinin daha etkin yönetilmesine yönelik kamu politikaları ve işletme stratejilerinin hayata geçirilmesiyle mümkün hale gelecektir.

2. Yeşil Dönüşüm ve Sürdürülebilir Lojistik

2.1 Yeşil Dönüşümün Lojistik Sistemlerde Yapısal Bir Yeniden Kurgulama Sürecine Dönüşmesi

Yeşil dönüşümün sektör paydaşları açısından temel sorusu, emisyonların azaltılıp azaltılmayacağından ziyade, bu azalımın hangi yatırım sıralaması ve hangi iş modeliyle gerçekleştirileceğidir. Taşıyıcılar için yakıt, filo ve doluluk; depo işletmeleri için enerji ve bina performansı; üretici ve ihracatçılar için doğrulanabilir Kapsam 3 verisi; finans kuruluşları için ise yatırımın geri dönüşü ve geçiş riski öne çıkmaktadır. Bu nedenle bu bölüm, çevresel hedefleri maliyet, finansman, veri ve pazar erişimi boyutlarıyla birlikte ele almaktadır.

Küresel ölçekte iklim değişikliği ile mücadele politikalarının sıkılaşması, enerji maliyetlerindeki dalgalanmalar ve tedarik zincirlerinin artan kırılganlığı, lojistik sektörünü sürdürülebilirlik gündeminin merkezine yerleştirmiştir. Ulaştırma faaliyetleri küresel CO_2 emisyonlarının yaklaşık dörtte birinden sorumludur ve bunun önemli bir bölümü karayolu taşımacılığından kaynaklanmaktadır (IEA, 2023). Lojistik faaliyetler; taşıma, depolama, elleçleme ve dağıtım süreçlerinin tamamında yüksek enerji tüketimi yaratması nedeniyle toplam karbon salımlarının sistemsel bileşenlerinden biri haline gelmiştir.

Bu nedenle yeşil dönüşüm, yalnızca çevresel sorumluluk alanında değerlendirilen bir politika başlığı olmaktan çıkmış; ekonomik sürdürülebilirliğin, operasyonel dayanıklılığın ve uluslararası rekabet gücünün temel belirleyicilerinden biri haline gelmiştir (McKinnon, 2018; Rodrigue, 2020). Bu çalışma kapsamında sektör uzmanlarına uygulanan anket sonuçları da sürdürülebilirlik uygulamalarının artık işletmeler için operasyonel bir zorunluluk olarak algılandığını göstermiştir. Katılımcıların büyük bölümü karbon ölçümü, enerji verimliliği ve çevresel performans odaklı uygulamaların işletmelerinde aktif biçimde yer aldığını belirtmiştir.

Türkiye lojistik sektörü, yapısal olarak karayolu taşımacılığının ağırlıkta olduğu bir taşıma profiline sahiptir. Bu yapı, bir yandan esnek ve hızlı teslimat kapasitesi sağlarken, diğer yandan yüksek yakıt tüketimi, yoğun karbon emisyonu ve maliyet değişkenliği yaratmaktadır. Saha görüşmeleri, özellikle akaryakıt fiyatlarındaki dalgalanmaların ve filo işletme maliyetlerinin işletmeler üzerinde ciddi baskı oluşturduğunu göstermektedir. Ayrıca yabancı plakalı araçların maliyet avantajı yaratabildiği durumlar, rekabet koşullarını karmaşıklaştırmaktadır. Artan enerji fiyatları, karbon temelli ticaret düzenlemeleri ve küresel markaların düşük emisyonlu tedarik zinciri beklentileri, mevcut lojistik modelin uzun vadede sürdürülebilir olmadığını ortaya koymaktadır. Anket katılımcıları da benzer şekilde enerji maliyetlerini ve yakıt fiyatlarındaki dalgalanmaları sektörün temel risk alanlarından biri olarak değerlendirmiş; özellikle karayolu ağırlıklı taşıma yapısının maliyet ve sürdürülebilirlik açısından baskı yarattığını vurgulamıştır.

Ancak bu dönüşüm yalnızca çevresel hassasiyet temelli değildir. Artan enerji fiyatları, karbon fiyatlandırma mekanizmaları ve uluslararası ticarette karbon performansının rekabet kriteri haline gelmesi, lojistik sektörünü ekonomik

açıdan da yeniden yapılanmaya zorlamaktadır (McKinnon, 2018; Rodrigue, 2020).

Sürdürülebilirlik artık bir "kurumsal sosyal sorumluluk" başlığı değil; maliyet yönetimi, pazar erişimi ve uzun vadeli rekabet gücünün temel belirleyicilerinden biridir. Anket sonuçlarında da sürdürülebilirlik uygulamalarının yalnızca çevresel sorumluluk olarak değil, rekabet avantajı sağlayan bir unsur olarak görülmeye başlandığı; özellikle uluslararası faaliyet gösteren işletmelerde karbon performansının karar kriteri haline geldiği ifade edilmiştir.

2.1.1 Avrupa Birliği Düzenlemelerinin Lojistik Üzerinde Etkisi

Avrupa Birliği düzenlemeleri lojistik sektörünü doğrudan ve dolaylı kanallardan etkilemektedir. Emisyon Ticaret Sistemi'nin deniz taşımacılığına genişlemesi, alternatif yakıt altyapısı yükümlülükleri ve ağır vasıta emisyon standartları taşımacılık maliyetlerini ve yatırım kararlarını doğrudan etkilerken; Kurumsal Sürdürülebilirlik Raporlama Direktifi lojistik kaynaklı emisyon verisine yönelik talebi artırmaktadır. Karbon Sınırda Düzenleme Mekanizması ise mevcut kapsamı itibarıyla belirli karbon yoğun ürün gruplarına uygulanmakta, lojistik işletmelerini doğrudan vergilendirmenin ötesinde, müşterilerin tedarik zinciri maliyetleri ve emisyon verisi talepleri üzerinden dolaylı biçimde etkilemektedir.

Bu düzenlemeler lojistik sektörü için üç temel sonucu beraberinde getirmektedir:

1. Karbon yoğun taşıma modelleri ekonomik olarak dezavantajlı hale gelmektedir.
2. Emisyon ölçümü ve raporlaması zorunlu hale gelmektedir.
3. Lojistik işletmeleri, tedarik zincirinin karbon performansından sorumlu aktörler haline gelmektedir.

Saha görüşmeleri, Avrupa Birliği bölgesine ihracat yapan işletmelerin lojistik hizmet sağlayıcılarından artık karbon emisyon verisi talep ettiğini ve taşıma işletmesi seçiminde karbon performansının değerlendirme kriteri haline geldiğini göstermektedir. Bu durum, lojistiği yalnızca bir taşıma organizasyonu olmaktan çıkararak, karbon performans yöneticisi konumuna getirmektedir. Anket bulgularında da katılımcıların önemli bir kısmı müşterilerin karbon verisi talep etmeye başladığını ve sürdürülebilirlik performansının hizmet sağlayıcı seçiminde etkili hale geldiğini belirtmiştir.

Türkiye lojistik sektörü ise yapısal olarak karayolu taşımacılığına yüksek düzeyde bağımlıdır. Bu yapı hız ve esneklik sağlamakla birlikte; yüksek yakıt tüketimi, karbon yoğunluğu ve enerji fiyatlarına karşı kırılganlık yaratmaktadır. Dolayısıyla yeşil dönüşüm Türkiye açısından çevresel bir tercih olmanın ötesinde, lojistik sisteminin yapısının yeniden tasarlanmasını gerektirmektedir. Anket katılımcılarının intermodal taşımacılığa ilişkin cevapları da bu dönüşüm ihtiyacını doğrulamış; katılımcılar, karayolu bağımlılığının azaltılması gerektiğini ancak altyapı ve koordinasyon eksikliklerinin dönüşümü yavaşlattığını ifade etmiştir.

2.2 Filo Dönüşümünden Sistem Optimizasyonuna: Karbon Azaltımında Yeni Paradigma

2.2.1 Araç Teknolojisinden Operasyonel Yeniden Yapılanmaya Geçiş

Lojistik sektöründe karbon azaltımına yönelik ilk yaklaşım, fosil yakıtlı araçlardan elektrikli veya hibrit alternatiflere geçiş olmuştur. Özellikle şehir içi dağıtımda elektrikli hafif ticari araçlar yaygınlaşmaktadır. Ancak saha görüşmeleri, hibrit araçlara yönelik eleştirel bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Sektörde yeni elektrikli hafif ticari araç yatırımlarına ilişkin anket bulguları, katılımcıların önemli bir bölümünün bu yönde bir planlama beklentisi içinde olduğunu göstermektedir. Katılımcıların %70'i önümüzdeki üç yıl içerisinde bu tür yatırımların planlandığını ifade etmiştir. Buna karşılık, katılımcıların %17'si söz konusu yatırımların planlanmadığını belirtirken, %13'lük bir kesim ise konuya ilişkin bilgi sahibi olmadığını ifade etmiştir.

AB Yeşil Mutabakatı'nın lojistik sektörü üzerindeki etkilerine ilişkin anket bulguları, katılımcıların özellikle altyapı ve düzenleme boyutlarında yoğunlaştığını göstermektedir. Bu kapsamda, yeşil enerji altyapısına yönelik yatırımların artacağı yönündeki ifade katılımcıların %87'si tarafından işaretlenmiş olup, en yüksek orana sahip başlık olarak öne çıkmaktadır.

Buna ek olarak, karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik piyasa düzenlemelerinin artacağına ilişkin ifade %69 oranında işaretlenmiş; gerekli teknolojik yatırımlara yönelik ihtiyaç ise %56 oranında katılımcı tarafından dile getirilmiştir. Bu bulgular, düzenleyici çerçeve ve teknolojik dönüşümün birlikte ele alındığı bir beklentiye işaret etmektedir.

Diğer yandan, insan kaynağı ve eğitim ihtiyacının artacağı (%44) ve lojistik verilerin elde edilmesine yönelik dijital ortaklıkların önem kazanacağı (%39) yönündeki ifadelerin de özellikle belirtildiği görülmektedir. Fosil yakıtlı araçların dönüşümünün artacağı yönündeki ifade ise %34 oranında katılımcı tarafından işaretlenmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, katılımcı yanıtlarının altyapı yatırımları, düzenleyici çerçeve, teknolojik dönüşüm ve kurumsal kapasite unsurlarını birlikte içeren çok boyutlu bir yapıya işaret ettiği görülmektedir.

Birçok işletme elektrikli araçları "tam anlamıyla çevreci" olarak değerlendirmemektedir. Bunun başlıca gerekçeleri şunlardır:

- Batarya üretim sürecinde yüksek enerji tüketimi,
- Lityum ve nadir toprak elementlerinin çıkarımında çevresel etkiler,
- Batarya atıklarının geri dönüşüm ve bertaraf sorunları,
- Elektrik üretiminin fosil yakıta dayalı olduğu ülkelerde dolaylı emisyon sorunu.

Elektrikli araçların çevresel performansı yalnızca egzoz emisyonu üzerinden değerlendirilemez. Batarya üretiminin enerji ve hammadde gereksinimi, elektrik üretim karması, aracın kullanım yoğunluğu, batarya ömrü ve geri dönüşüm kapasitesi toplam yaşam döngüsü etkisini belirlemektedir. Buna karşılık şehir içi yüksek kullanımlı filolarda, uygun şarj altyapısı ve düşük karbonlu elektrik ile değerlendirildiğinde elektrikli araçlar kullanım aşamasında önemli emisyon ve gürültü avantajları sağlayabilir. Bu nedenle filo dönüşüm kararları; araç teknolojisi, görev profili, enerji kaynağı, toplam sahip olma maliyeti ve yaşam döngüsü emisyonu birlikte dikkate alınarak verilmelidir.

Saha bulguları, işletmelerin karbon azaltımını araç değişimi üzerinden değil; sistem optimizasyonu

üzerinden ele almaya başladığını göstermektedir. McKinnon (2018), lojistikte karbon azaltımının en etkili yolunun boş kilometreleri azaltmak, araç doluluk oranlarını artırmak ve taşıma ağını optimize etmek olduğunu vurgulamaktadır. Anket sonuçlarında da katılımcılar karbon azaltımı açısından en etkili yaklaşımın operasyonel planlama, rota optimizasyonu ve yük konsolidasyonu olduğunu belirtmiş; yalnızca araç teknolojisine dayalı dönüşümün yeterli olmayacağını ifade etmiştir.

Karbon azaltım kararlarında yalnızca toplam emisyon değil, her yatırımın sağladığı azaltımın maliyeti de dikkate alınmalıdır. Boş kilometrenin azaltılması, doluluk oranının artırılması, enerji verimliliği, mod değişimi, alternatif yakıt ve filo yenileme seçenekleri; azaltılan ton karbondioksit eşdeğeri başına maliyet, uygulama süresi ve altyapı bağımlılığı açısından karşılaştırılmalıdır. Bu yaklaşım, işletmelerin kısa vadeli operasyonel kazanımlarla uzun vadeli sermaye yatırımlarını dengeli bir yol haritasında birleştirmesine yardımcı olacaktır.

2.2.2 Enerji Verimli Altyapı Yatırımları

Sürdürülebilir lojistik yalnızca taşıma araçlarıyla sınırlı değildir. Depolar ve dağıtım merkezleri de önemli enerji tüketim alanlarıdır. Isıtma, soğutma, aydınlatma ve otomasyon sistemleri ciddi elektrik tüketimi yaratmaktadır.

Saha görüşmeleri, bazı işletmelerin:

- Depo çatılarına güneş enerjisi sistemleri kurduğunu,
- Enerji tüketimini dijital paneller üzerinden izlediğini,
- Otomatik aydınlatma ve yalıtım sistemleri kullandığını göstermektedir.

Sektör uzmanlarına uygulanan anket sonuçları da enerji verimliliği uygulamalarının işletmelerde giderek daha fazla yer bulduğunu göstermiş; katılımcıların önemli bir bölümü enerji yönetimi ve karbon azaltımına yönelik altyapı yatırımlarının sürdürülebilirlik stratejisinin temel bileşeni haline geldiğini ifade etmiştir.

Bu yatırımlar yalnızca karbon salımını azaltmakla kalmayıp aynı zamanda uzun vadeli maliyet avantajı sağlamaktadır. Rodrigue (2020), enerji verimli lojistik altyapı yatırımlarının işletmelere rekabet avantajı kazandırdığını belirtmektedir. Bu nedenle yeşil dönüşüm, kısa vadeli maliyet unsuru değil, uzun vadeli stratejik yatırım olarak değerlendirilmektedir. Anket bulgularında da sürdürülebilirlik yatırımlarının yalnızca çevresel bir gereklilik değil, maliyetleri dengeleyici bir unsur olarak görülmeye başlandığı dikkat çekmektedir.

Sürdürülebilirlik dönüşümü, lojistik sistemin yalnızca taşımacılık faaliyetleriyle sınırlı olmadığını; üretim, enerji yönetimi ve dağıtım altyapısı ile ele alınmasının önem kazandığını göstermektedir. Türkiye'de faaliyet gösteren bazı büyük ölçekli işletmelerin uygulamaları da bu yönde bir eğilime işaret etmektedir. Örneğin, üretim tesislerinde kurulan güneş enerjisi yatırımları, üretim süreçlerinde yenilenebilir enerji kullanımının artırılmasına yönelik bir adım olarak görülmektedir. Bu tür uygulamaların, dolaylı olarak tedarik zinciri ve lojistik operasyonların karbon ayak izi üzerinde olumlu etkiler oluşturabileceği düşünülmektedir.

Saha görüşmeleri ise sürdürülebilir lojistik dönüşümünün yalnızca işletme içi uygulamalarla sınırlı kalmayabileceğini; belirli durumlarda bölgesel ölçekte çözümlere ihtiyaç duyulabileceğini belirtmektedir. Görüşülen işletmelerin bir kısmı, özellikle şehir içi dağıtım süreçlerinde emisyonların azaltılabilmesi amacıyla "yeşil lojistik merkezleri (green hub)" yaklaşımının değerlendirilebileceğini ifade etmiştir. Bu merkezlerin; elektrikli araçlar, mikro mobilite çözümleri ve alternatif dağıtım modelleri ile birlikte ele alınmasının, operasyonel yapı üzerinde bazı iyileştirme potansiyelleri barındırabileceği değerlendirilmektedir.

Yeşil lojistik yatırımlarının yaygınlaşması için finansman araçlarının teknoloji türünden ziyade, doğrulanabilir performans sonuçlarına bağlanması önem taşımaktadır. Düşük emisyonlu araç, şarj altyapısı, çatı güneş enerjisi, enerji verimliliği, intermodal taşıma ve dijital karbon ölçümü yatırımları; azaltılan yakıt ve enerji tüketimi, ton-kilometre başına emisyon, boş kilometre ve doğrulanmış veri üretme kapasitesi üzerinden değerlendirilmelidir. Böylece sınırlı kaynaklar, en yüksek karbon ve maliyet azaltım potansiyeli taşıyan projelere yönlendirilebilir.

Bu çerçevede, sürdürülebilir lojistik dönüşümün işletme bazlı uygulamalar ile bölgesel altyapı planlamalarının birlikte ele alınmasını gerektirebileceği; özellikle enerji kullanımı ve dağıtım organizasyonuna ilişkin kararların daha bütüncül bir yaklaşımla değerlendirilmesinin faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Bu kapsamda, organize sanayi bölgeleri ve lojistik merkezlerde çalışan ulaşımının ortak servis havuzları üzerinden planlanması teşvik edilebilir. İşletmeler arası güzergâh ve vardiya verilerinin anonimleştirilerek eşleştirilmesi, araç doluluk oranlarını artırabilir ve aynı bölgeye yapılan mükerrer seferleri azaltabilir. Uygulama; çalışan erişilebilirliği, ortalama doluluk oranı, araç-kilometre ve emisyon değişimi üzerinden izlenmelidir.

2.2.3 Karbon Ekonomisine Geçiş ve Dijital Karbon Yönetimi

Küresel ticaret sistemi, gün geçtikçe karbon yoğunluğu düşük üretim ve taşımacılık modellerini destekleyen bir yapıya dönüşmektedir. Bu dönüşümle birlikte lojistik sektörü yalnızca fiziksel taşıma sağlayıcısı değil, tedarik zincirinin karbon performansını yöneten bir aktör haline gelmektedir.

CSRD ve benzeri düzenlemeler kapsamında işletmeler artık:

- Kapsam 1 (doğrudan emisyonlar),
- Kapsam 2 (enerji kaynaklı dolaylı emisyonlar),
- Kapsam 3 (tedarik zinciri kaynaklı dolaylı emisyonlar) verilerini raporlamak zorundadır.

Bu durum, lojistik sektörünü doğrudan Kapsam 3 emisyonlarının merkezine yerleştirmektedir. Saha görüşmeleri, işletmelerin rota bazlı karbon hesaplama yazılımları ve dijital emisyon panelleri kullanmaya başladığını göstermektedir. Böylece sürdürülebilirlik, stratejik bir söylem olmaktan çıkıp günlük operasyonel kararların parçası haline gelmektedir. Anket sonuçları, katılımcıların büyük bölümünün karbon ölçümü ve raporlamasını sektörde giderek artan bir talep olarak gördüğünü ve özellikle uluslararası müşterilerin bu verileri hizmet sağlayıcı seçiminde kriter olarak kullandığını ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte anket verileri, karbon ölçüm altyapısının işletmeler arasında homojen olmadığını göstermektedir. Bazı katılımcılar dijital emisyon takip sistemleri kullandıklarını belirtirken, bazıları bu süreçlerin henüz başlangıç aşamasında olduğunu ifade etmiştir. Bu durum, sektör genelinde karbon yönetimi konusunda standartlaşma ihtiyacını ortaya koymaktadır.

2.2.4 Döngüsel Lojistik ve Kaynak Verimliliği

Yeşil dönüşüm yalnızca emisyon azaltımından ibaret değildir. Döngüsel ekonomi yaklaşımı, lojistik sistemlerin kaynak kullanımını yeniden tasarlamasını gerektirmektedir (Geissdoerfer vd., 2017).

Saha bulguları:

- İade ürünlerin yeniden satışa kazandırılması,
- Ambalajların tekrar kullanımı,
- Hasarlı ürünlerin onarımı,
- Atıkların geri dönüştürülmesi

gibi uygulamaların yaygınlaştığını göstermektedir

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen anket sonuçları da tersine lojistik ve iade yönetiminin sektörde giderek daha stratejik bir alan olarak algılandığını ortaya koymuştur. Katılımcılar, iade süreçlerinin doğru yönetildiğinde maliyetleri azaltabildiğini ve kaynak verimliliği sağladığını belirtmiştir.

Bu yapı, tersine lojistiği maliyet merkezi olmaktan çıkararak değer üretim alanına dönüştürmektedir. Anket verilerine göre özellikle e-ticaret operasyonlarında yüksek iade hacminin depo yönetimi ve operasyonel planlama üzerinde baskı yarattığı; ancak dijital sistemlerle yönetildiğinde yeniden satış oranlarının artırılabileceği değerlendirilmiştir.

Perakende sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin son dönemde paketleme süreçlerinde geri dönüştürülebilir malzeme kullanımına yönelik uygulamaları benimsediği bilinmektedir. Bu yaklaşımın, e-ticaret lojistiğinde ambalaj kaynaklı çevresel etkilerin azaltılmasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

2.2.5 Türkiye Lojistik Sisteminin Yeşil Yapılanması

Yeşil dönüşüm, lojistik sektöründe çevresel bir yan politika veya kurumsal imaj stratejisi değil; sistem mimarisini, operasyonel karar süreçlerini, yatırım önceliklerini ve rekabet stratejilerini yeniden tanımlayan yapısal bir dönüşüm sürecidir.

Bu dönüşüm, yalnızca karbon salımını azaltmakla kalmayıp, lojistik ağ tasarımı, kapasite planlaması, filo stratejisi, depo altyapısı ve veri yönetim sistemlerinin bütüncül biçimde yeniden yapılandırılmasını gerektirmektedir. Sektör uzmanlarına uygulanan anket sonuçları da bu dönüşümün yalnızca çevresel değil, operasyonel ve ekonomik bir zorunluluk olarak algılandığını ortaya koymaktadır.

Türkiye bağlamında bu dönüşüm, mevcut yapısal özellikler nedeniyle daha kritik bir anlam taşımaktadır. Karayolu taşımacılığına yüksek bağımlılık, enerji ithalatına duyarlılık ve şehir içi yoğun dağıtım modeli; karbon maliyetlerine ve yakıt fiyatlarındaki dalgalanmalara karşı sistemsel bir kırılganlık yaratmaktadır.

Türkiye açısından yeşil yeniden yapılanma dört temel eksen üzerinde şekillenmelidir:

2.2.5.1 Karayolu Bağımlılığının Sistematik Optimizasyonu

Karayolu taşımacılığı kısa vadede esneklik avantajı sunsa da uzun vadede karbon maliyeti ve enerji dalgalanmaları nedeniyle risk taşımaktadır. Bu nedenle çözüm, karayolu taşımacılığını veri temelli optimizasyon, yük konsolidasyonu ve intermodal entegrasyon yoluyla daha verimli hale getirmek olmalıdır. Demiryolu ve denizyolu bağlantılarının stratejik biçimde entegre edilmesi, uzun mesafeli taşımada karbon yoğunluğunu azaltabilecek önemli bir potansiyel sunmaktadır. Anket bulguları, intermodal taşımacılığın maliyet avantajı sağlayabileceği yönünde güçlü bir algı

bulunduğunu; ancak operasyonel entegrasyon ve altyapı eksikliklerinin uygulamayı zorlaştırdığını göstermektedir.

2.2.5.2 Dijital Karbon Ölçüm ve Raporlama Altyapısının Kurumsallaştırılması

AB düzenlemeleri ve küresel ticaret dinamikleri, karbon verisinin ölçülmesini ve raporlanmasını zorunlu hale getirmektedir. Bu durum, karbon yönetimini gönüllü bir uygulama olmaktan çıkararak operasyonel bir zorunluluk haline getirmektedir.

Türkiye'de saha bulguları, bazı işletmelerin karbon hesaplama yazılımları ve dijital paneller kurmaya başladığını; ancak bu uygulamanın sektör genelinde henüz standartlaşmadığını göstermektedir. Anket sonuçları da, karbon ölçümü konusunda işletmeler arasında farklı uygulama seviyeleri bulunduğunu ve bu alanda standartlaşmanın henüz tamamlanmadığını göstermektedir.

Lojistik faaliyetler için geliştirilecek karbon ölçüm ve raporlama yaklaşımı, uluslararası kabul gören yöntemlerle uyumlu olmalı ve işletmelere mükerrer raporlama yükü getirmemelidir. Destekler yalnızca düşük emisyonlu araç ve ekipman yatırımlarına değil; yük konsolidasyonu, boş kilometrenin azaltılması, intermodal geçiş, depo enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kullanımı gibi operasyonel iyileştirmelere de yönlendirilmelidir. Teşviklerin etkisi emisyon yoğunluğu, enerji tüketimi, doluluk oranı ve raporlama doğruluğu üzerinden izlenmelidir.

2.2.5.3 Enerji Verimli Altyapı Yatırımlarının Yaygınlaştırılması

Depolar ve lojistik üsler yalnızca operasyonel merkezler değil, aynı zamanda enerji tüketim noktalarıdır. Güneş enerjisi yatırımları, akıllı enerji izleme sistemleri, otomatik aydınlatma ve yalıtım teknolojileri; karbon azaltımının yanı sıra kalıcı maliyet avantajı yaratmaktadır. Anket katılımcıları, enerji verimliliği uygulamalarının sektör içinde en yaygın sürdürülebilirlik faaliyetlerinden biri olduğunu ifade etmiştir.

2.2.5.4 Döngüsel Lojistik Modellerinin Ana Akım Hale Gelmesi

Yeşil dönüşüm, kaynak kullanımının yeniden tasarlanmasını ve ürün yaşam döngüsünün uzatılmasını da kapsamaktadır. İade edilen ürünlerin yeniden ekonomiye kazandırılması, ambalajların tekrar kullanımı ve tersine lojistik süreçlerinin dijitalleştirilmesi hem çevresel hem finansal performansı artırmaktadır. Anket bulguları, iade yönetiminin lojistik operasyonların en kritik maliyet alanlarından biri olduğunu; ancak dijital süreçlerle yönetildiğinde değer yaratabildiğini göstermektedir.

2.2.5.5 Stratejik Sonuç

Yeşil dönüşüm doğru tasarlandığında Türkiye lojistik sistemi için maliyet kontrolü, dayanıklılık ve pazar erişimi olmak üzere üç temel kazanım sağlamaktadır. Bu kazanımların somutlaştırılması için yakıt ve enerji tüketimi, boş kilometre, araç doluluk oranı, ton-kilometre başına emisyon, düşük karbonlu taşıma modu payı ve doğrulanmış emisyon verisi sunabilen işletme oranı düzenli olarak izlenmelidir. Böylece yeşil dönüşüm, yalnızca yatırım ve uyum maliyeti üzerinden değil, operasyonel ve ticari getiri üzerinden de değerlendirilebilir.

Dolayısıyla yeşil dönüşüm, kısa vadeli düzenleyici baskıya verilen bir tepki değil; lojistik sistemin rekabetçi kalabilmesi için zorunlu bir yeniden yapılanma sürecidir. Sektör uzmanlarının anket kapsamında verdiği cevaplar da bu dönüşümün kaçınılmaz olduğunu, ancak başarının teknoloji yatırımlarının yanında operasyonel standartlaşma ve veri temelli yönetim kapasitesine bağlı olduğunu açık biçimde ortaya koymaktadır.

3. Dijitalleşme ve İleri Teknolojilerin Etkisi

3.1 Lojistikte Dijital Dönüşümün Stratejik Anlamı

Dijital dönüşümde temel karar, en ileri teknolojiyi satın almak değil, işletmenin darboğazına uygun çözümü seçmektir. Teknoloji yatırımları; çözülen iş problemi, gerekli veri kalitesi, mevcut sistemlerle entegrasyon, siber güvenlik, kullanıcı yetkinliği, ölçeklenebilirlik ve ölçülebilir yatırım geri dönüş oranı üzerinden değerlendirilmelidir. Bu yaklaşım, yapay zeka, Nesnelerin İnterneti (IoT), otomasyon ve blokzincir gibi teknolojilerin amaç değil, performans ve dayanıklılık sağlayan araçlar olarak konumlandırılmasını mümkün kılar.

Lojistik sektörü artık yalnızca fiziksel malların taşınmasıyla değil; veri, bilgi akışı ve algoritmik karar sistemlerinin yönetimiyle şekillenmektedir. Küresel tedarik zincirlerinin karmaşıklığı arttıkça, müşteri beklentileri hız, esneklik ve şeffaflık yönünde yoğunlaşmakta; bu durum lojistiği fiziksel bir operasyon alanından dijital bir yönetim mimarisine dönüştürmektedir. Dijitalleşme bu bağlamda operasyonel bir seçenek değil; rekabet gücü, maliyet etkinliği ve sürdürülebilirlik açısından zorunlu bir unsur haline gelmiştir (Ivanov & Dolgui, 2020; McKinsey, 2023).

Bu çalışma kapsamında Türkiye'de lojistik sektör uzmanlarına uygulanan anket bulguları, dijitalleşmenin özellikle "veriye dayalı planlama" ve "uçtan uca izlenebilirlik" beklentisi üzerinden stratejik anlam kazandığını göstermektedir. Ankette, "lojistik planlamalarda veriye dayalı stratejiler ön plana çıkacaktır" ve "siparişten teslimata kadar şeffaf takip sistemlerinin etkinliği artacaktır" ifadeleri katılımcılar tarafından büyük ölçüde desteklenmiştir.

Dijital dönüşümün stratejik değeri, teknoloji ediniminin ötesinde karar süreçlerinin ölçülebilirlik, izlenebilirlik ve birlikte çalışabilirlik temelinde yeniden kurgulanmasında ortaya çıkmaktadır. Planlama doğruluğu ve süreç standardizasyonu işletme içi verimliliği artırırken, paydaşlar arası veri paylaşımı uçtan uca görünürlük ve koordinasyon sağlamaktadır (Waller & Fawcett, 2013). Anket katılımcılarının veri temelli planlama ile koordinasyon ve veri paylaşımını öne çıkarması, sektörün dijitalleşmeyi tekil otomasyon projelerinden ziyade bütünleşik bir yönetim kapasitesi olarak değerlendirdiğini göstermektedir.

Saha görüşmeleri, Türkiye'de birçok işletmenin artık operasyonel performansı günlük olarak izleyebildiğini, ancak veri entegrasyonu ve sistemler arası konuşabilirlik konusunda ciddi farklılıklar bulunduğunu göstermektedir.

Özellikle:

- KKP, DYS ve Taşıma Yönetim Sistemi (TYS) gibi sistemlerin tam entegre çalışmaması,
- 3PL işletmeleri ile veri paylaşımının sınırlı olması,
- Yazılımların standartlaştırılmış olmaması,
- Gümrük süreçlerinin farklı platformlarda yürütülmesi dijital dönüşümün hızını sınırlayan temel unsurlar olarak öne çıkmaktadır.

Anket bulguları da entegrasyon ihtiyacını dolaylı biçimde desteklemektedir:

Katılımcıların çoğunluğu "taraflar arasında yazılım entegrasyon sorunları teslimatlarda gecikmeye sebep olmaktadır" ifadesini onaylamıştır. Bu durum, dijital dönüşümün darboğazlarının çoğu zaman teknoloji eksikliğinden değil; sistemler arası bağlantı ve standardizasyon eksikliğinden kaynaklandığını göstermektedir.

Literatür, dijital tedarik zincirlerinin esneklik ve dayanıklılık kapasitesini artırdığını ortaya koymaktadır (Ivanov, 2021). Ancak uygulamada dönüşümün hızını belirleyen faktörler yalnızca teknoloji değil; yatırım geri dönüş belirsizliği (ROI), veri kalitesi, entegrasyon maliyeti ve insan kaynağının dijital yetkinliğidir. Bu nedenle dijitalleşme, çoğu işletmede bir "IT projesi" değil; bir "organizasyonel değişim ve süreç yeniden tasarımı" süreci olarak ilerlemektedir.

Lojistik sistemlerin birbirine bağlanması operasyonel görünürlüğü artırırken siber risklerin etkisini de büyütmektedir. Taşıma, depo, gümrük, sipariş ve müşteri verilerinin kesintiye uğraması; fiziksel akışın durmasına, teslimat taahhütlerinin bozulmasına ve ticari sırların açığa çıkmasına yol açabilir. Bu nedenle dijital dönüşüm programları; erişim yetkilendirmesi, tedarikçi güvenliği, veri yedekleme, olay müdahale planı, iş sürekliliği tatbikatları ve kritik sistemlerin çevrimdışı çalışma senaryolarını birlikte içermelidir.

Türkiye lojistik sektörü açısından dijitalleşme, yalnızca verimlilik aracı değil; aynı zamanda bölgesel rekabet avantajı yaratmanın da temel koşuludur. E-ticaret hacmindeki artış, karbon raporlama gereklilikleri ve AB'ye entegrasyon süreci veri temelli lojistik yönetimini zorunlu hale getirmektedir. Özellikle karayolu ağırlıklı taşımacılık yapısında rota optimizasyonu, kapasite kullanımı ve filo verimliliği üzerinden dijitalleşme hızlı kazanımlar üretme potansiyeline sahiptir.

Anket bulguları, dijitalleşmenin e-ticaret lojistiğinde doğrudan maliyet baskısı ile ilişkilendirildiğini ortaya koymaktadır. Katılımcıların %56'sı son tüketici tarafında artan hızlı teslimat beklentisinin maliyetleri yükselttiğini belirtirken, %87'si iade süreçlerinin yönetiminin maliyet artırıcı bir unsur olduğunu ifade etmiştir. Bu bulgular, dijital dönüşümün sahadaki karşılığının çoğu zaman hizmet seviyesi ile maliyet arasındaki dengeyi yönetme ihtiyacından kaynaklandığını göstermektedir.

3.2 Büyük Veri, Yapay Zeka, Nesnelerin İnterneti, Otomasyon ve Blokzincir Uygulamaları

3.2.1 Büyük Veri ve Yapay Zeka Tabanlı Karar Destek Sistemleri

Büyük veri analitiği, lojistik sektöründe talep tahmini, stok optimizasyonu, rota planlama ve performans yönetimi gibi alanlarda dönüşüm yaratmaktadır. Yapay zeka algoritmaları; geçmiş sipariş desenlerini, hava durumu verilerini, trafik yoğunluğunu, kampanya takvimlerini ve ekonomik göstergeleri birlikte analiz ederek tahmin doğruluğunu artırmaktadır (Waller & Fawcett, 2013).

Bu çalışma kapsamında uygulanan ankette "Türkiye'de e-lojistiğin gelişiminde öne çıkacak unsurlar" arasında "yapay zeka" seçeneğinin katılımcıların yaklaşık %70'i tarafından ön plana çıkarılmış olması, yapay zeka tabanlı karar destek sistemlerinin saha aktörleri tarafından öncelikli gelişim alanlarından biri olarak değerlendirildiğine işaret etmektedir.

BearingPoint (2023) raporuna göre yapay zeka destekli planlama sistemleri:

- Stok devir hızını %20–25,
- Teslimat doğruluğunu %25–30,
- Operasyonel maliyetleri %10–15

oranında iyileştirebilmektedir.

Saha görüşmeleri, Türkiye'de özellikle büyük ölçekli işletmelerin:

- Anlık plan–gerçekleşen sapmalarını izleyen kontrol panelleri kullandığını,
- Dinamik sipariş çıkış noktası tahsisi yaptığını,
- Kampanya dönemlerinde kapasite senaryolarını yapay zeka ile modellediğini ortaya koymaktadır.

Ancak küçük ve orta ölçekli işletmelerde hâlen Excel tabanlı planlama, manuel rota oluşturma ve deneyime dayalı karar verme eğilimi yaygındır. Bu durum sektör içinde "dijital olgunluk ayrışması" yaratmaktadır. Ankette "e-lojistiğin gelişmesi için öncelikli geliştirme alanları" kapsamında "depo ve stok yönetimi süreçlerinin geliştirilmesi" seçeneğinin katılımcıların yaklaşık %70–75'i tarafından işaretlenmiş olması, operasyonel verimlilik ve stok yönetimi kapasitesinin sektör açısından temel önceliklerden biri olarak görüldüğüne işaret etmektedir.

Benzer şekilde, "işlemlerde standardizasyon" ifadesinin katılımcıların yaklaşık %55–60'ı tarafından vurgulanması, dijital dönüşüm sürecinde yalnızca teknolojik yatırımların değil, süreçlerin standartlaştırılması ve operasyonel disiplinin sağlanmasının da önemli bir gereklilik olarak değerlendirildiğini düşündürmektedir.

Yapay zekanın bir diğer kritik katkısı karbon azaltımına dolaylı etkisidir. Rota optimizasyonu ve yük konsolidasyonu sayesinde yakıt tüketimi azalmakta; bu da çevresel performansı iyileştirmektedir (McKinnon, 2018). Böylece dijitalleşme yalnızca maliyet değil, sürdürülebilirlik boyutunda da değer üretmektedir.

Anket bulgularında "dijital lojistik planlamalarda veriye dayalı stratejiler" ve "koordinasyon-veri paylaşımı" ifadelerinin vurgulanması, karbon azaltımı gibi çıktılar için de temel unsurların optimizasyon ve veri temelli yönetişim olduğunu desteklemektedir.

3.2.2 Nesnelerin İnterneti ve Sensör Tabanlı İzlenebilirlik

Nesnelerin İnterneti teknolojileri, taşıma ve depolama süreçlerinde gerçek zamanlı veri üretimi sağlamaktadır. Konum, sıcaklık, nem ve titreşim sensörleri özellikle ilaç, gıda ve e-ticaret lojistiğinde kalite güvencesi açısından kritik hale gelmiştir.

Ubiquicom (2024) verilerine göre Nesnelerin İnterneti ve DYS entegrasyonu, stok doğruluğunu artırma, görev sürelerini kısaltma ve depo içi gecikmeleri azaltma potansiyeli sunmaktadır. Üretici ve çözüm sağlayıcı raporlarında, özellikle forklift görev sürelerinde ve toplam elleçleme zamanında anlamlı iyileşmeler sağlanabildiği ifade edilmektedir.

Saha görüşmeleri, Türkiye'de özellikle soğuk zincir taşımacılığında Nesnelerin İnterneti kullanımının arttığını; ancak entegrasyon problemlerinin sürdüğünü göstermektedir.

En sık karşılaşılan sorunlar:

- Farklı cihaz sağlayıcılarının kapalı sistemleri,
- Veri formatı uyumsuzlukları,
- Sahada internet/kapsama problemleri,
- Sensör verisinin operasyonel karara

bağlanmaması olarak belirtilmiştir.

Bu nedenle, Nesnelerin İnterneti yatırımı çoğu işletmede "donanım yatırımı" olmaktan çıkıp bir "entegrasyon ve veri yönetişimi projesi" haline gelmektedir. Anketin "dijital lojistikte yaşanan sorunlar" konusu da bu durum ile uyumludur: "taraflar arasında yazılım entegrasyon sorunları teslimatlarda gecikmeye sebep olmaktadır" ifadesi çoğu katılımcı tarafından değerlendirmeye alınmıştır. Bu bulgu, sensör/veri üretiminin tek başına yeterli olmadığını; veri akışının entegre edilmediği ortamlarda performans kazanımının gecikmelere dönüşebildiğini göstermektedir.

3.2.3 Otomasyon ve Blokzincir

Depolarda mobil otomatik araçlar ve otomatik ayıklama sistemleri hız, doğruluk ve iş güvenliği açısından ciddi bir katma değer yaratmaktadır (de Koster vd., 2007). Özellikle kampanya dönemlerinde otomasyonun sağladığı kapasite esnekliği kritik hale gelmektedir. Anket bulgularında "depo ve stok yönetimi süreçlerinin geliştirilmesi" seçeneğinin en yüksek önceliklerden biri olarak belirtilmesi, depo otomasyonu ve DYS odaklı yatırımların sahada "doğrudan değer üretme alanı" olarak görüldüğüne işaret etmektedir.

Saha bulguları, işletmelerin tam otomasyon yerine modüler ve kademeli dönüşüm stratejileri benimsediğini göstermektedir.

Bunun temel nedenleri:

- Yüksek başlangıç maliyeti,
- ROI belirsizliği,
- Teknolojinin hızlı eskime riski,
- Operasyon çalışanlarının adaptasyon

süreci olarak ifade edilmektedir.

Blokzincir ise tedarik zincirinde veri güvenliği ve doğrulanabilirlik sağlamaktadır. Fernandez-Carames vd. (2024), blokzincir + Nesnelerin İnterneti entegrasyonunun işlem doğrulama süresini %50'den fazla azalttığını göstermektedir. Anket bulgularında "dijital sistemler arasındaki güven protokollerinin önemi artacaktır" ifadesinin çoğu katılımcı tarafından belirtilmesi, veri güvenliği/doğrulanabilirlik ihtiyacının sektör uzmanları tarafından da önem taşıdığını göstermektedir.

Katılımcıların yaklaşık %73'ünün veriye dayalı lojistik planlamanın öne çıkacağını, %65'inin ise veri paylaşımına dayalı koordinasyonun artacağını belirtmesi, dijital dönüşüm beklentisinin yalnızca otomasyon yatırımlarında değil, karar kalitesi ve paydaşlar arası veri akışında yoğunlaştığını göstermektedir. Bu oranlar teknolojilerin fiilî kullanım düzeyini değil, katılımcıların gelecek beklentilerini yansıtmaktadır. Buna rağmen iki bulgunun birlikte değerlendirilmesi, sektörün önceliğinin daha fazla veri üretmekten ziyade, güvenilir veriyi ortak süreçlerde kullanılabilir hâle getirmek olduğunu ortaya koymaktadır.

Buna ek olarak, katılımcıların yaklaşık %60,9'u siparişten teslimata kadar uzanan süreçlerde şeffaf takip sistemlerinin etkinliğinin artacağını belirtmiştir. Bu tür ifadeler, özellikle e-ticaret ve hızlı teslimat gereksinimlerinin yoğun olduğu operasyonlarda görünürlük ihtiyacının giderek önem kazandığını düşündürmektedir. Bununla birlikte, bu eğilimlerin farklı alt sektörlerde ve operasyonel ölçeklerde farklı düzeylerde etkiler yaratabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Katılımcıların çoğu tarafından işaretlenen "Ortak dijital web tabanlı platformlar bu alanda yeni çözümler sunacaktır" ifadesi ise doğrudan bir teknoloji tercihi olarak değil, paydaşlar arası veri paylaşımı ve süreç entegrasyonuna yönelik bir beklentinin yansıması olarak değerlendirilebilir. Bu kapsamda, dijital platformların rolü, tek başına bir çözüm olmaktan ziyade, farklı aktörler arasında bilgi akışını kolaylaştıran ve koordinasyonu destekleyen bir araç olarak ele alınabilir.

Diğer yandan, katılımcıların yaklaşık %52'si gümrüklerdeki dijitalleşme süreçlerini hızlandıracağına yönelik görüş bildirmişlerdir. Bu durum, özellikle sınır ötesi lojistik faaliyetlerde operasyonel akışların hızlandırılması ve belirsizliklerin azaltılması açısından dijitalleşmenin önemli bir unsur olarak değerlendirildiğini göstermektedir. Ancak bu alandaki gelişimin, yalnızca teknolojik altyapı ile değil, aynı zamanda mevzuatsal uyum ve kurumsal koordinasyon ile birlikte ilerlediği dikkate alınmalıdır.

Anket ve saha bulguları genel olarak değerlendirildiğinde, dijital lojistik dönüşümünün tekil teknoloji yatırımlarıyla sınırlı olmadığını; veri kalitesi, sistemler arası entegrasyon, süreç şeffaflığı ve kurumsal uyumun birlikte geliştirilmesi gerekliliğini göstermektedir. Türkiye'de işletmelerin dijital olgunluk düzeyleri farklılaştığından, dönüşüm politikaları ortak veri standartları ile desteklenirken uygulama araçları işletme ölçeği ve operasyonel gereksinimlere göre kademelendirilmelidir. Bu çerçevede öncelik, yeni teknolojilerin yaygınlaştırılmasından önce mevcut sistemlerin birlikte çalışabilirliğinin sağlanmasına, üretilen verinin operasyonel kararlara dönüştürülmesine ve yatırımların ölçülebilir performans sonuçlarıyla izlenmesine verilmelidir.

Bu teknolojilerin sektör genelinde değer üretebilmesi için kullanım alanları açık seçim ölçütleriyle önceliklendirilmelidir. Operasyonel sorunla uyum, gerekli veri kalitesi, mevcut sistemlerle entegrasyon, siber güvenlik, yatırım geri dönüş süresi, kullanıcı yetkinliği ve ölçeklenebilirlik; yapay zeka, Nesnelerin İnterneti, otomasyon ve blokzincir yatırımlarının değerlendirilmesinde ortak karar ölçütleri olarak kullanılmalıdır. Böylece teknoloji yatırımları amaç değil, teslimat güvenilirliği, stok doğruluğu, kapasite kullanımı, maliyet ve karbon performansında ölçülebilir iyileşme sağlayan araçlar olarak konumlandırılabilir.

Dönüşümün etkisi; tahmin doğruluğu, stok doğruluğu, sipariş çevrim süresi, zamanında teslimat, sistemler arası otomatik veri paylaşım oranı, manuel müdahale gerektiren işlem sayısı, boş kilometre, araç doluluk oranı, işlem başına maliyet ve ton-kilometre başına emisyon göstergeleriyle izlenmelidir. Her teknoloji yatırımı için başlangıç değeri, hedef dönem ve veri kaynağı tanımlanmalı; yatırımın başarısı kurulan sistem sayısıyla değil, operasyonel performansta ürettiği doğrulanabilir iyileşmeyle değerlendirilmelidir.

3.3 Depo Yönetim Sistemleri (DYS), Rota Optimizasyonu, Dijital İkizler ve Otonom Araçlar

3.3.1 DYS Entegrasyonu ve Operasyonel Verimlilik

Depo Yönetim Sistemleri (DYS), operasyonel verimliliğin artırılması, hata oranlarının azaltılması ve süreçlerin standartlaştırılması açısından temel bir dijital altyapı bileşenidir. Otomatik depolama ve geri alma sistemleri, konveyörler, ayıklama çözümleri, robotik toplama uygulamaları ve otonom mobil robotlarla entegre çalışan DYS; kabul, yerleştirme, toplama, taşıma ve sevkiyat süreçlerinde veri görünürlüğünü ve işlem doğruluğunu artırabilir. Bu yatırımların etkisi yalnızca iş gücü ihtiyacının azaltılmasıyla değerlendirilmemelidir. Çalışanların daha yüksek katma değerli görevlere yönlendirilmesi, iş güvenliği, kapasite kullanımı, sipariş çevrim süresi, iade, hata ve hasar oranları üzerindeki sonuçlarıyla birlikte ölçülmelidir.

DYS, dijital lojistik mimarisinin çekirdek bileşenidir. Modern DYS çözümleri yalnızca stok takibi yapmakla kalmaz; sipariş toplama (picking) rotalarını optimize eder, raf yerleşimini (slotting) dinamik olarak düzenler, parti/seri numarası takibini sağlar ve işgücü performansının ölçülebilir hale gelmesine imkan tanır. Böylece depo operasyonu sezgisel bir yapıdan veri temelli bir kontrol sistemine dönüşür.

Supply Chain Digital (2024) analizine göre, DYS ve Nesnelerin İnterneti entegrasyonu depo verimliliğini %20–30 oranında arttırabilmektedir. Koster vd. (2007) ise otomasyon destekli depo sistemlerinin hata oranlarını ve sipariş çevrim sürelerini anlamlı ölçüde azalttığını göstermektedir.

Saha görüşmeleri, Türkiye'de büyük ölçekli işletmelerin DYS kullanımında belirli bir olgunluğa ulaştığını; ancak entegrasyon seviyesinin işletmeden işletmeye ciddi farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle şu sorunlar dikkat çekmektedir:

- KKP–DYS–TYS entegrasyonunun tam senkronize olmaması,
- Mağaza ve depo stoklarının eş zamanlı güncellenmemesi,
- 3PL işletmelerin veri paylaşımının manuel yürütülmesi.

Bu durum, dijitalleşmenin "ada sistemler" üretmesine yol açabilmektedir. Yani işletme içinde dijital sistemler olsa da sistemler arası veri akışı tam kurulmadığında uçtan uca görünürlük sağlanamamaktadır. Dolayısıyla DYS artık yalnızca bir depo yazılımı değil; omni-channel envanter görünürlüğü sağlayan bütünleşik veri mimarisinin merkezi haline gelmektedir.

DYS ile beraber gelişen süreçte insan kaynağına yönelik ihtiyacın azalması söz konusu iken teknolojiye uyumlu nitelikli işgücü ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. İlk yatırım maliyetlerinin yüksek olması, eski sistemlerle entegrasyon sorunları, veri standardizasyon eksikliği, siber güvenlik riskleri gibi etkiler bu alanda işletmelerin karşılaştıkları risklerdir. Özellikle Türkiye açısından depolarda dijital dönüşümün sağlanması, depo operasyonlarının birim maliyetlerinin azalmasına olanak sağlayacaktır.

3.3.2 Rota Optimizasyonu ve Dijital İkiz Teknolojisi

Rota optimizasyon sistemleri, trafik yoğunluğu, araç kapasitesi, teslimat zaman penceresi, maliyet parametreleri ve müşteri önceliklerini birlikte değerlendirerek dağıtım planını dinamik biçimde oluşturmaktadır. McKinsey (2023), yapay zeka destekli rota planlamasının yakıt tüketimini %15–20 oranında azaltabileceğini belirtmektedir.

Anket bulguları, rota optimizasyonuna yönelik belirli bir kullanım düzeyine işaret etmektedir. Nitekim katılımcıların %65'i işletmelerinde rota optimizasyon yazılımı kullanıldığını ifade etmiştir. Bununla birlikte saha görüşmeleri, Türkiye'de bazı işletmelerin halen manuel rota planlaması veya sabit güzergâh yaklaşımını sürdürdüğünü göstermektedir. Özellikle küçük ölçekli işletmelerde sürücü deneyiminin belirleyici olmaya devam ettiği görülmektedir. Bu durum, kısa vadede pratik çözümler sunmakla birlikte, ölçeklenebilir ve ölçülebilir performans üretme kapasitesi açısından sınırlı kalabilmektedir.

Rota optimizasyonunun katkısı yalnızca en kısa mesafenin belirlenmesi ile sınırlı değildir. Teslimat yoğunluğu, zaman pencereleri, depo çıkış planlaması ve araç doluluk oranlarının birlikte ele alınması, hizmet seviyesinin daha dengeli bir yapıda sürdürülmesine imkân tanımaktadır. Bu yaklaşımın toplam hareket miktarını azaltma potansiyeli nedeniyle karbon performansı açısından da katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Dijital ikiz (digital twin) teknolojisi ise lojistik ağın sanal bir modelini oluşturarak senaryo analizi yapılmasına imkân tanımaktadır. Ivanov (2021), dijital ikizlerin tedarik zinciri dayanıklılığını artırabildiğini ve simülasyon temelli karar süreçlerini desteklediğini belirtmektedir. Saha bulguları, Türkiye'de dijital ikiz uygulamalarının henüz sınırlı düzeyde olduğunu; çoğunlukla büyük ölçekli işletmelerde belirli dönemlerde kullanılan bir araç niteliği taşıdığını göstermektedir. Bu kapsamda, dijital ikiz uygulamalarının etkinliğinin, veri akışının niteliği ve model çıktılarının operasyonel kararlara yansıtılabilme kapasitesi ile ilişkili olduğu ifade edilebilir.

Küresel üretim ve lojistik ağlarına sahip işletmelerde dijitalleşmenin, tedarik zinciri boyunca farklı süreçlerin entegre edilmesi yönünde geliştiği görülmektedir. Söz konusu yapı içerisinde; tedarikçi ile başlayan süreçlerin liman operasyonları, depo yönetimi, üretim ve dağıtım aşamalarını kapsayacak şekilde dijital sistemlerle desteklendiği; veri katmanında ise tedarikçi portalları, gümrük işlemleri, yapay zeka destekli tahminleme ve otomasyon çözümlerinin kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca bazı süreçlerde robotik süreç otomasyonu (RPA), makine öğrenmesi tabanlı tahminleme ve operasyonel karar destek uygulamalarının devreye alındığı ifade edilmektedir.

Bu tür bir dijital yapı, operasyonların uçtan uca izlenebilmesine ve farklı süreçler arasında veri bütünlüğünün sağlanmasına imkân tanıyabilecek bir çerçeve sunmaktadır. Bununla birlikte, bu sistemlerin performansı büyük ölçüde veri kalitesi, sistem entegrasyonu ve organizasyonel kullanım düzeyine bağlı olarak değişebilmektedir.

3.3.3 Otonom Araçlar ve Robotik Sistemler

Yapay zeka destekli otonom araçlar ve teslimat robotları, lojistik sektöründe uzun vadeli dönüşüm potansiyeli taşımaktadır. Shaklab vd. (2023), yapay zeka destekli otonom teslimat robotlarının rota üzerindeki belirsizlikleri analiz ederek teslimat sürelerini optimize edebildiğini göstermektedir.

Ancak saha görüşmeleri, Türkiye'de tam otonom sistemlerin yaygınlaşmasının kısa vadede sınırlı kalacağını ortaya koymaktadır. Bunun başlıca nedenleri:

> Regülasyon belirsizliği,

> Güvenlik ve sigorta sorumluluk çerçevesi,

> Yol altyapısının uyumu,

> Yatırım maliyetidir.

Bu nedenle kısa vadede depo içi robotik sistemler (AMR, AGV), yarı otonom filo yönetimi ve sürücü destek sistemleri daha uygulanabilir görünmektedir.

Depolarda karanlık depo (dark warehouse) yaklaşımı (yüksek otomasyonlu, minimum insan müdahalesine dayalı) özellikle e-ticaret lojistiğinde gündeme gelmektedir. Ancak saha görüşmeleri, insan kaynağı ihtiyacının tamamen ortadan kalkmadığını; aksine rol dönüşümünün yaşandığını göstermektedir. Operasyon çalışanlarının yerine veri analistleri, otomasyon operatörleri ve sistem yöneticileri gibi yeni pozisyonların devreye girdiği ifade edilmiştir.

3.3.4 Türkiye'de Lojistik Sektörünün Dijital Olgunluk Düzeyi

Türkiye, coğrafi konumu ve ticaret koridorları üzerindeki stratejik yeri nedeniyle dijital lojistikte bölgesel merkez olma potansiyeline sahiptir. Ancak dijital olgunluk düzeyi işletme ölçeğine göre belirgin farklılık göstermektedir.

Lojistik işletmelerinin dijital olgunluğu dört aşamada değerlendirilebilir. Birinci aşamada süreçler manuel ve veri parçalıdır. İkinci aşamada temel operasyonlar dijital sistemlerle yönetilir ancak sistemler arası bağlantı sınırlıdır. Üçüncü aşamada KKP, DYS, TYS ve paydaş platformları bütünleşik çalışır; performans gerçek zamanlı izlenir. Dördüncü aşamada tahminleme, optimizasyon, dijital ikiz ve otomatik karar destek sistemleri devreye girer. İşletmelerin yatırım yol haritası, mevcut aşamadan bir sonraki aşamaya geçiş için gereken veri, süreç, yetkinlik ve yönetişim koşullarına göre oluşturulmalıdır.

Cengiz (2021), büyük lojistik işletmelerinin DYS, TYS ve Nesnelerin İnterneti çözümlerini entegre ettiğini; KOBİ'lerde ise dijitalleşmenin çoğunlukla kargo takibi ve muhasebe otomasyonu ile sınırlı kaldığını belirtmektedir. Cura ve Demir (2022) ise Türkiye'de işletmelerin yalnızca yaklaşık %30'unun ileri analitik ve rota optimizasyon sistemlerini etkin biçimde kullandığını tespit etmiştir.

Saha görüşmeleri bu tabloyu desteklemektedir. Özellikle:

> KOBİ'lerde yatırım maliyeti endişesi,

> ROI belirsizliği,

> Nitelikli personel eksikliği,

> Entegrasyon zorlukları

dijital dönüşümün önündeki temel engeller olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca, insan kaynağı boyutu kritik bir kırılma noktasıdır. Dijital sistemlerin kurulması dönüşümün tamamlandığı anlamına gelmemektedir. Operasyon çalışanlarının sistemi etkin kullanabilmesi, veri disiplinine uyum sağlaması ve değişime direnç göstermemesi dönüşümün başarısında belirleyici olmaktadır.

Saha görüşmeleri, sürücü ve saha personeli eksikliğinin dijitalleşme ile birleştiğinde çift yönlü bir yetkinlik açığı yarattığını da göstermektedir. Bir yandan saha personeli arzı azalırken, diğer yandan veri analisti, sistem entegrasyon uzmanı ve otomasyon yöneticisi ihtiyacı artmaktadır.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın Türkiye Lojistik Master Planı (2023), dijital dönüşümü stratejik öncelik olarak tanımlamakta; Akıllı Ulaşım Sistemleri ve veri standardizasyonunu teşvik etmektedir. Ancak saha uygulamaları, politika vizyonu ile operasyonel uygulamalar arasında hâlen uyum açığı bulunduğunu göstermektedir. Bu durum, dijital dönüşüm süreçlerinin hem kamu politikaları hem de işletmeler düzeyinde hızlı, etkin ve eşgüdümlü biçimde yönetilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

3.3.5 Değerlendirme ve Politika Önerileri

Türkiye'nin dijital lojistik dönüşümü son yıllarda ivme kazanmış olmakla birlikte, bütüncül, standartlaştırılmış ve ölçeklenebilir bir dijital mimariye henüz tam anlamıyla ulaşamamıştır. Saha bulguları, büyük ölçekli işletmelerin ileri dijital sistemleri daha hızlı benimsediğini; ancak KOBİ'lerde yatırım maliyeti, entegrasyon zorlukları ve nitelikli insan kaynağı eksikliği nedeniyle dönüşümün sınırlı kaldığını göstermektedir. Literatür de dijital tedarik zincirlerinin verimlilik ve dayanıklılık avantajı sağladığını ortaya koymaktadır (Ivanov, 2021). Ayrıca, bu avantajın ancak sistematik ve koordineli politika çerçevesiyle mümkün olduğu vurgulanmaktadır.

Önerilerin hayata geçirilmesi çok paydaşlı bir yönetişim modeli gerektirmektedir. Kamu kurumları mevzuat, veri standardı ve ortak altyapı çerçevesini oluşturmalı; yerel yönetimler şehir içi lojistik alanlarını ve mikro dağıtım noktalarını planlamalı; lojistik hizmet sağlayıcılar performans ve emisyon verisini üretmeli; teknoloji sağlayıcılar birlikte çalışabilir çözümler geliştirmeli, üniversiteler ve mesleki kuruluşlar ise yetkinlik geliştirme ve bağımsız etki değerlendirmesi işlevini üstlenmelidir. İlerleme, paydaşların temsil edildiği bir koordinasyon mekanizması tarafından yıllık hedefler ve göstergeler üzerinden izlenmelidir.

Bu çerçevede Türkiye için altı temel politika ve uygulama ekseni öne çıkmaktadır:

3.3.5.1 Veri Entegrasyonu ve Standartlaşma

Dijitalleşmenin değer üretmesi, sistemler arası veri uyumuna bağlıdır. DYS, TYS, KKP, Nesnelerin İnterneti platformları ve ara yazılımlar arasında ortak veri sözlükleri ve mesaj formatları oluşturulmadığında dijital sistemler birbirinden bağımsız 'ada çözümler' üretmektedir.

Ulusal Lojistik Veri Platformu, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı koordinasyonunda, Ticaret Bakanlığı ve TÜİK iş birliğiyle geliştirilmelidir. Platform; depolama kapasitesi, yük hareketleri, araç doluluk oranı, boş kilometre, teslimat süreleri ve emisyon göstergeleri için ortak tanımlar üretmeli; veri erişim yetkilerini, kullanım amaçlarını, veri kalitesi sorumluluğunu ve ticari hassasiyet taşıyan bilgilerin korunmasını açıkça düzenlemelidir. Uygulama, sınırlı sayıda gösterge ve gönüllü pilot katılımcılarla başlatılmalı; mevcut sistemlerle entegrasyon doğrulandıktan sonra kademeli olarak yaygınlaştırılmalıdır.

Bu nedenle:

- Ulusal düzeyde lojistik veri standartları tanımlanmalı,
- Ara yazılım entegrasyon çerçeveleri geliştirilmeli,
- Asgari veri seti; rota ve taşıma modu, yük türü ve miktarı, çıkış-varış zamanı, teslimat performansı, araç doluluk oranı, boş kilometre ve karbon emisyonu gibi sektör genelinde karşılaştırılabilir temel değişkenleri kapsayacak şekilde standartlaştırılmalıdır.

Bu yaklaşım, hem operasyonel görünürlüğü artırmakta hem de karbon raporlaması gibi yeni yükümlülüklerin yerine getirilmesi için gereken dijital altyapıyı güçlendirmektedir.

3.3.5.2 Modüler ve Ölçeklenebilir Dönüşüm Stratejileri

Saha görüşmeleri, işletmelerin yüksek başlangıç maliyeti ve yatırım geri dönüşüne ilişkin belirsizlikler nedeniyle tam ölçekli ve bütüncül dönüşüm yerine daha kademeli ve modüler ilerleyen yaklaşımları tercih edebildiğini göstermektedir. Bu bulgu, anket sonuçları ile birlikte değerlendirildiğinde daha anlamlı hale gelmektedir. Nitekim teknoloji yatırımlarına ilişkin yanıtların farklı alanlara dağıldığı; yapay zeka (%73), dijital tedarik zinciri (%65) ve veri analitiği (%43) gibi başlıkların farklı yoğunluklarda işaretlendiği görülmektedir.

Bu durum, dönüşümün tek bir bütüncül sistem yerine, farklı ihtiyaç alanlarına yönelik aşamalı yatırımlar şeklinde ele alındığını düşündürmektedir. Ayrıca küresel eğilimlere ilişkin değerlendirmelerde teknolojik değişimin hızına yapılan vurgu, yatırım kararlarında esneklik ihtiyacını artıran bir unsur olarak değerlendirilebilir. Bu çerçevede, bulut tabanlı çözümler, abonelik temelli modeller ve açık mimari sistemlerin, bu tür kademeli dönüşüm yaklaşımlarını destekleyebilecek araçlar arasında yer aldığı ifade edilebilir.

3.3.5.3 Dijital Yetkinlik ve İnsan Kaynağı Dönüşümü

Dijital sistemlerin kurulması dönüşümün tamamlandığı anlamına gelmemektedir. Veri analizi, sistem entegrasyonu, siber güvenlik ve otomasyon yönetimi alanlarında yetkin insan kaynağı olmadan yapılan yatırımlar sürdürülebilir olmaktan uzaktır.

Saha bulguları özellikle iki yönlü bir açık olduğunu göstermektedir:

- Saha personeli (şoför, operatör) arzında azalma,
- Veri ve otomasyon uzmanı ihtiyacında artış.

Bu nedenle insan kaynağı süreçlerinde:

- Üniversite–sektör iş birlikleri artırılmalı,
- Mesleki eğitim programları dijital modüllerle güncellenmeli,
- İşletme içi sürekli öğrenme sistemleri teşvik edilmelidir.

Dijital dönüşüm, teknik yatırım kadar organizasyonel kültür dönüşümünü de gerektirmektedir.

Anket bulgularında yer alan AB Yeşil Mutabakatı'nın etkilerine ilişkin değerlendirmelerde, insan kaynağı ve eğitim ihtiyacının artacağı yönündeki ifade katılımcıların %43'ü tarafından belirtilmiştir.

Buna ek olarak, küresel eğilimlere ilişkin değerlendirmelerde dijital beceri ihtiyacına yapılan vurgu ve teknoloji odaklı yatırım alanlarının (yapay zeka, veri analitiği vb.) yüksek oranlarda ifade edilmesi, insan kaynağının bu dönüşüme paralel olarak yeniden şekillenmesini gerektiren bir yapı ortaya koymaktadır.

Bu çerçevede, dijital dönüşümün yalnızca teknolojik yatırımlar üzerinden değil, aynı zamanda bu teknolojileri kullanabilecek yetkin insan kaynağının geliştirilmesi ile birlikte ele alınması gerektiği yönünde bir eğilimden söz edilebilir. Bununla birlikte, bu dönüşümün kapsamı ve uygulama düzeyi işletmeler arasında farklılık gösterse de eğitim ihtiyacının önümüzdeki dönemde giderek artması beklenmektedir.

3.3.5.4 KOBİ Dijitalleşme ve Yatırım Destek Mekanizmaları

Dijitalleşme konusunda yapılan görüşmelerde özellikle yatırım maliyeti ve finansman erişimi konuları ön plana çıkmaktadır. Özellikle küçük ve orta ölçekli lojistik işletmeleri için ileri dijital sistemlere geçiş ciddi sermaye gerektirmektedir.

Bu nedenle bu alanda işletmeler için:

> Dijital lojistik yatırımlarına yönelik hibe ve faiz destekli kredi programları oluşturulmalı,

> Vergi teşvikleri ve hızlandırılmış amortisman uygulamaları devreye alınmalı,

> Ortak kullanım dijital platformları (ör. paylaşımlı TYS/DYS çözümleri) desteklenmelidir.

KOBİ'lere yönelik dijital dönüşüm desteği; yazılım, danışmanlık, eğitim ve sistem entegrasyonunu tek programda birleştirmelidir. Desteğin başarısı yalnızca yapılan harcama veya kurulan sistem sayısıyla değil; stok doğruluğu, boş kilometre, zamanında teslimat, aktif kullanıcı oranı ve çalışanların uygulamalı dijital yetkinlik kazanımı üzerinden izlenmelidir. Programın Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, KOSGEB, TÜBİTAK, kalkınma ajansları ve sektör derneklerinin iş birliğiyle yürütülmesi, finansman ile teknik kapasite desteğinin birlikte sunulmasını sağlayacaktır.

3.3.5.5 Dijital Lojistikte Kamu–Özel Sektör İş Birliği

Dijitalleşme yatırımları yalnızca işletmelerin yatırımları olarak görülmemeli, çok daha geniş bir perspektifle ele alınmalıdır. Gümrük sistemleri, terminal bilgi platformları, taşıyıcı veri entegrasyonu, sınır geçiş kapıları ve karbon raporlaması gibi altyapılar kamusal sistemlerle bağlantılıdır.

Bu nedenle:

> Gümrük süreçlerinin tam dijital entegrasyonu sağlanmalı,

> Liman–demiryolu–karayolu veri platformları birbiriyle konuşabilir hale getirilmeli,

> Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) yaygınlaştırılmalıdır.

Özel sektör yatırımlarının verimliliğinin artması için kamunun dijital altyapı yatırımlarını hızla hayata geçirmesi önemlidir.

3.3.5.6 Siber Güvenlik ve Veri Yönetişimi

Çoklu sistem entegrasyonu, ara yazılım bağlantıları ve gerçek zamanlı veri akışı siber güvenlik risklerini artırmaktadır. Dijital lojistik altyapılar artık kritik altyapı niteliği taşımaktadır.

Bu nedenle:

> Veri güvenliği standartları zorunlu hale getirilmeli,

> Lojistik işletmeleri için siber güvenlik denetim mekanizmaları oluşturulmalı,

> Veri yönetişimi politikaları netleştirilmelidir.

Siber güvenlik, dijitalleşmenin yan ürünü değil; tasarımın temel bileşeni olmalıdır.

3.3.5.7 Stratejik Sonuç

Dijitalleşme lojistik sektöründe yalnızca operasyonel hız artışı anlamına gelmemektedir. Aynı zamanda:

> Karbon yönetimini mümkün kılar,

> Dayanıklılığı artırır,

> Hizmet kalitesini standartlaştırır,

> Uluslararası rekabet gücünü güçlendirir.

Türkiye'nin bölgesel lojistik üs olma hedefi, dijital dönüşümün yalnızca büyük işletmelerde değil; tedarik zincirinin tüm katmanlarında ölçeklenebilmesine bağlıdır. Bu da ancak veri standardizasyonu, insan kaynağı dönüşümü ve yatırım destek mekanizmalarının birlikte tasarlanmasıyla mümkün olacaktır.

4. İş Gücü Dönüşümü ve Yeni Yetkinlikler

Lojistik sektöründe son yıllarda hız kazanan dijitalleşme, e-ticaretin yarattığı operasyonel hız baskısı ve süreçlerin uçtan uca görünür hale gelmesi, işgücü yapısında belirgin bir dönüşümü beraberinde getirmektedir. Bu dönüşümün, yaygın biçimde ifade edildiği gibi "işlerin ortadan kalkması" perspektifinden ziyade, işin niteliği ve iş tasarımının yeniden şekillenmesi bağlamında değerlendirilmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Otomasyonun emeği ikame ettiği alanlar bulunsa da çoğu süreçte otomasyon, insan emeğini tamamlayıcı bir rol üstlenmekte; yeni görev alanları oluşturarak insanın güçlü olduğu istisna yönetimi, karar verme, koordinasyon, kalite kontrol, müşteri etkileşimi ve süreç iyileştirme gibi alanların önemini artırmaktadır (Autor, 2015).

Bu çalışma kapsamında sektör uzmanlarına uygulanan anket sonuçları, iş gücü dönüşümünün sahada "insan ihtiyacının azalması" şeklinde değil, iş yapış biçimlerinin yeniden kurgulanması olarak algılandığını göstermektedir. Katılımcıların önemli bir kısmı dijitalleşmeyi veriye dayalı planlama, şeffaf takip sistemleri ve paydaşlar arası veri paylaşımı gibi süreç temelli unsurlar üzerinden tanımlamıştır. Bu durum, dönüşümün yalnızca teknoloji odaklı bir değişimden ibaret olmadığını; aynı zamanda süreç yönetimi ve organizasyonel tasarım boyutlarını da içerdiğini ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda lojistikte iş gücü dönüşümü, yalnızca belirli meslek gruplarını veya geleneksel beyaz yaka–mavi yaka ayrımını kapsayan dar bir değişim olarak değil, daha bütüncül bir yeniden yapılanma süreci olarak değerlendirilmektedir. Saha görüşmeleri, işletmelerin depo ve taşıma yönetim sistemlerini (DYS/TYS), barkod doğrulama uygulamalarını, rota planlama yazılımlarını, performans izleme panolarını ve modüler otomasyon çözümlerini hızla devreye aldığını göstermektedir. Ancak bu sistemlerin gerçek anlamda değer üretmesi, büyük ölçüde insan kaynağının süreç disiplini, dijital okuryazarlık düzeyi ve operasyonel koordinasyon kapasitesine bağlıdır. Başka bir ifadeyle, teknoloji sistemlerinin kurulumu görece hızlı gerçekleşebilse de bu sistemlerin günlük operasyonlara entegre edilmesi, organizasyonel öğrenmeyi ve standartlaştırılmış iş yapış biçimlerini gerektirmektedir.

Anket bulguları bu durumu somut biçimde desteklemektedir. İş süreçlerinde standardizasyon ihtiyacının ve depo yönetimi süreçlerinin geliştirilmesi gerekliliğinin katılımcılar tarafından yoğun biçimde vurgulanması, teknolojinin değer üretiminin sahada disiplinli ve standartlaştırılmış süreçlerle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, yazılım entegrasyonundan kaynaklanan gecikmelerin sıkça ifade edilmesi, teknoloji yatırımlarının tek başına yeterli olmadığını; koordinasyon ve entegrasyon kapasitesinin iş gücü performansını belirleyen kritik bir unsur haline geldiğini ortaya koymaktadır.

Literatürde de dijitalleşme, yalnızca teknoloji yatırımı olarak değil; veri odaklı karar alma süreçlerini güçlendiren ve yeni yetkinlik alanları üreten bir yönetim dönüşümü olarak ele alınmaktadır. Özellikle veri bilimi, öngörüsel analitik ve büyük veri uygulamalarının tedarik zincirinde değer yaratmasının, alan bilgisi ile analitik becerilerin birlikte gelişmesine bağlı olduğu vurgulanmaktadır (Waller & Fawcett, 2013).

Bu yaklaşım saha bulgularıyla uyumludur. Operasyonel bilgi önemini korumakta ancak artık sistem ekranları, veri akışı ve performans göstergeleri üzerinden değerlendirilmektedir.

Yapay zeka temelli sistemlerin sektörün geleceğinde daha belirleyici olacağı yönündeki algı da veri ve analitik temelli karar destek mekanizmalarının yeni bir yetkinlik alanı haline geldiğini göstermektedir. Buna ek olarak, hızlı teslimat beklentisi ve iade yönetimi gibi maliyet baskısı yaratan süreçler, operasyon ekiplerinin yalnızca fiziksel iş yapma kapasitesine değil, veri temelli planlama ve istisna yönetimi yetkinliklerine de sahip olmasını zorunlu kılmaktadır.

Dijital sistemlerin yaygınlaşmasıyla birlikte lojistikte iş tasarımında gözlenen temel değişim, rutin operasyonel faaliyetlerin standartlaştırılması ve süreçlerin ölçülebilir hale gelmesidir. Depo içinde görev atamalarının sistem üzerinden yapılması, toplama rotalarının yazılım tarafından yönlendirilmesi ve barkod doğrulama uygulamaları hata oranlarını azaltmaktadır. Taşıma tarafında ise rota planlama, teslimat zaman penceresi yönetimi ve araç takip sistemleri performans yönetimini desteklemektedir.

Bu dönüşüm, insan rolünü ortadan kaldırmaktan ziyade çalışanların rollerinin niteliğini değiştirmektedir. Saha görüşmeleri, sistemlerin olağan operasyon akışında yüksek verim sağladığını; ancak sapmaların yönetiminde insan koordinasyonunun hâlen kritik olduğunu göstermektedir. Trafik ve erişim sorunları, sipariş iptalleri, stok uyumsuzlukları veya ekipman arızaları gibi durumlar operasyonel yargı ve hızlı karar alma becerisi gerektirmektedir. Bu nedenle lojistikte değer yaratan çalışan profili, yalnızca işi hızlı yapan değil; sapmaları erken fark edebilen, süreci yorumlayabilen ve doğru aksiyonu başlatabilen bir profile doğru evrilmektedir.

Saha bulguları, depo operasyonlarında iş gücü dönüşümünün oldukça somut biçimde yaşandığını göstermektedir. Depo işleri fiziksel karakterini korumakla birlikte, performans değerlendirmesi artık yalnızca fiziksel hız üzerinden değil; sistem uyumu ve doğruluk kriterleri üzerinden yapılmaktadır. El terminali kullanımı, lokasyon doğrulama, ürün–sipariş eşleştirme ve süreç akışlarının kesintisiz yürütülmesi depo verimliliğinin temel unsurları haline gelmiştir.

Önemli bir saha bulgusu, bu hibrit yetkinlik setine sahip mavi yaka personelin bulunmasının giderek zorlaşmasıdır. İşletmelerin ihtiyaç duyduğu profil hem fiziksel tempoya uyum sağlayabilen hem de dijital sistem disiplinine hâkim çalışanlardan oluşmaktadır. Bu profilin sınırlı olması, yoğun dönemlerde hata oranlarının artmasına, yeniden işleme maliyetlerinin yükselmesine ve eğitim sürelerinin uzamasına yol açmaktadır. Uluslararası çalışmalar da tedarik zinciri sektöründe yetkin insan kaynağı açığının otomasyon yatırımlarını hızlandırdığını göstermektedir (MHI, 2024).

Karayolu taşımacılığı lojistik sistemin temel bileşenlerinden biri olmaya devam etmektedir. Bu alanda özellikle saha görüşmeleri, sürücü arzı ve operasyonel sürekliliğin önemli risk alanlarından biri olduğunu ortaya koymaktadır. Dijital sistemler sürücü performansının daha ölçülebilir hâle gelmesini sağlarken, sektör genelinde sürücü arzındaki daralma operasyonel kapasite açısından kritik bir risk oluşturmaktadır. IRU'nun küresel çalışmalarında da sürücü açığı yapısal bir sorun olarak tanımlanmaktadır (IRU, 2024).

Elde edilen bulgular, dijitalleşmenin lojistik sektöründe yönetim katmanındaki rol ve sorumluluklara da yansıdığını göstermektedir. Özellikle saha görüşmeleri, orta kademe yöneticilerin performans panoları ve gerçek zamanlı veri akışı ile daha analitik bir karar alma sürecine yöneldiğine işaret etmektedir. Bu kapsamda, yöneticilerin operasyonel sapmaları analiz edebilme ve uygun aksiyonları zamanında başlatabilme becerilerinin öne çıktığı ifade edilmektedir.

Buna paralel olarak, anket bulgularında yapay zeka, veri analitiği ve dijital tedarik zinciri gibi teknoloji odaklı alanların öne çıkması, bu dönüşümün insan kaynağı açısından yeni yetkinlik gereksinimleri ile birlikte ele alınabileceğini düşündürmektedir. Ancak bu bulguların, insan kaynağı dönüşümüne ilişkin doğrudan bir ölçüm sunmadığı dikkate alınmalıdır.

Lojistik sektöründe dijitalleşme ile birlikte insan kaynağına yönelik beklentilerin de dönüşmekte olduğu görülmektedir. Saha görüşmeleri, özellikle veri temelli karar alma, sistem kullanımı ve süreç yönetimi gibi alanlarda çalışan yetkinliklerinin önem kazandığına işaret etmektedir. Bu durum, yalnızca kısa süreli işletme içi eğitimlerle sınırlı kalmayan, daha yapılandırılmış ve süreklilik arz eden gelişim programlarına olan ihtiyacı gündeme getirmektedir.

Lojistik sektörü, doğası gereği hem fiziksel operasyon süreçlerini hem de koordinasyon ve süreç takibini birlikte yürütebilecek nitelikte bir iş gücüne ihtiyaç duymaktadır. Bu kapsamda, sektörde son yıllarda "gri yaka" olarak tanımlanan ve saha operasyonlarında aktif rol alırken aynı zamanda süreç yönetimine katkı sağlayan çalışan profili ön plana çıkmaktadır. Gri yaka çalışanlar, depo, taşıma ve dağıtım operasyonlarında görev almakla birlikte, iş akışının sürekliliğini sağlama, operasyonel koordinasyonu yürütme ve süreçlerin etkinliğine katkı sağlama gibi sorumluluklar üstlenmektedir.

Saha bulguları, sektör genelinde bu nitelikteki iş gücüne duyulan ihtiyacın arttığını, ancak mevcut insan kaynağının bu gereksinimi karşılamada yetersiz kalabildiğini göstermektedir. Özellikle operasyonel süreçlerin yönetimi, iş disiplininin sağlanması, hata oranlarının azaltılması ve süreçler arası koordinasyonun güçlendirilmesi gibi alanlarda çalışan yetkinliklerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çerçevede lojistik sektöründe eğitim faaliyetlerinin önemi daha da artmaktadır. Eğitim, yalnızca bireysel gelişimi destekleyen bir unsur değil, aynı zamanda operasyonel verimliliği doğrudan etkileyen stratejik bir araç olarak değerlendirilmelidir. Sektörün, eğitim kurumları ve ilgili paydaşlarla iş birliği içerisinde hareket ederek uygulama odaklı, saha gerçekliğine uygun ve sürekli güncellenen eğitim programlarını desteklemesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, lojistik sektöründe sürdürülebilir bir yapının oluşturulabilmesi, yalnızca fiziksel altyapı ve operasyonel kapasitenin geliştirilmesine değil; bu süreçleri etkin biçimde yürütebilecek nitelikli insan kaynağının yetiştirilmesine ve mevcut iş gücünün sürekli olarak geliştirilmesine bağlıdır.

Türkiye'de faaliyet gösteren bazı işletmelerin uygulamaları bu dönüşümün nasıl ele alındığına dair örnekler sunmaktadır. Örneğin, sektörde önde gelen işletmelerin tedarik zinciri alanında çalışanların yetkinliklerini geliştirmeye yönelik olarak Tedarik Zinciri Yönetimi Derneği (Association for Supply Chain Management – ASCM) tarafından sunulan eğitimlerin uygulandığı; ayrıca uzun dönemli staj imkanları ve yaklaşık bir yıl süren yönetici adayı (MT) programları ile sektöre nitelikli insan kaynağı kazandırılmasının hedeflendiği görülmektedir. Bu tür uygulamalar, insan kaynağı gelişiminin daha planlı ve çok boyutlu bir yaklaşımla ele alınabildiğine işaret etmektedir.

Bu çerçevede, lojistik sektöründe insan kaynağı dönüşümünün yalnızca teknik becerilerle sınırlı olmadığı; eğitim kurumları, sektör ve işletmeler arasında daha koordineli bir yapı gerektirebileceği değerlendirilmektedir. Özellikle uygulamalı eğitim içeriklerinin yaygınlaştırılması ve sektör ihtiyaçlarıyla daha uyumlu programların geliştirilmesi, bu dönüşüm sürecini destekleyebilecek unsurlar arasında yer almaktadır.

Bu çerçevede, saha gözlemleri ve anket bulguları birlikte değerlendirildiğinde, dijitalleşmenin iş gücü yapısı üzerinde çok boyutlu etkiler oluşturabileceği ifade edilebilir.

4.1 Stratejik Sonuç

Lojistik sektöründe dönüşüm yalnızca teknoloji, altyapı ve süreçlerle sınırlı değildir; bu dönüşümün merkezinde insan kaynağı yer almaktadır. Dijital sistemlerin yaygınlaşması, çalışanlardan beklenen yetkinlikleri değiştirmekte; veri okuryazarlığı, sistem kullanımı, süreç yönetimi, analitik karar alma ve operasyonel esneklik gibi beceriler daha önemli hale gelmektedir.

Bu bölümde öne çıkan temel sonuç, lojistik sektöründe insan kaynağı dönüşümünün kısa süreli eğitimlerle çözülebilecek dar kapsamlı bir konu olmadığıdır. Eğitim kurumları, sektör temsilcileri ve işletmeler arasında daha koordineli bir yapı kurulmalı; uygulamalı eğitimler, uzun dönemli staj programları, yönetici adayı programları ve mesleki gelişim modelleri yaygınlaştırılmalıdır. Özellikle sürücü arzı, orta kademe yönetici yetkinlikleri ve gri yaka iş gücünün gelişimi sektörün operasyonel sürekliliği açısından kritik alanlar olarak değerlendirilmelidir.

Depo ve lojistik operasyonları açısından insan kaynağı eksikliği nedeniyle;

- Sektörün ihtiyaç duyduğu teknik bilgi ve operasyonel becerilere sahip nitelikli insan kaynağı kapasitesinin artırılması;
- Üniversiteler, meslek yüksekokulları ve mesleki eğitim kurumlarının lojistik alan mesleki eğitim ihtiyacı analiz edilerek eğitim programlarının kamu - özel sektör - üniversite iş birliği ile hazırlanması ve eğitim ihtiyaçlarının güncellenmesi;
- Sektörde otomasyon sistemleri ve dijitalleşmenin hızlanması sebebi ile mevcut çalışanlara yönelik eğitimlerin oluşturulması ve insan kaynağı planlamasının teknoloji yatırımlarıyla birlikte yürütülmesi;
- Sektörün işgücüne yönelik ihtiyaç analizlerinin ve uzun vadeli oluşacak talep tahminlerinin yapılması gerekmektedir.

5. Küresel Trendler ve Türkiye'ye Etkileri

Son beş yılda küresel lojistik sistemi, eş zamanlı şokların etkisi altında yeniden şekillenmiştir. COVID-19 pandemisi, küresel üretim ağlarının aşırı yoğunlaşmış yapısını görünür kılmış; liman kapanmaları, konteyner dengesizlikleri ve yarı iletken krizleri gibi gelişmeler, "tam zamanında üretim" (just-in-time) modelinin kırılganlıklarını ortaya koymuştur. OECD (2024), pandemi döneminde küresel değer zincirlerinde yaşanan kesintilerin yalnızca üretim kaybına değil, aynı zamanda sistemik güven kaybına da yol açtığını vurgulamaktadır. Bu süreçte navlun fiyatları tarihi seviyelere yükselmiş, teslimat süreleri uzamış ve tedarik zinciri maliyetleri dramatik biçimde artmıştır.

Bunu izleyen dönemde iklim kaynaklı aşırı hava olayları (sel, kuraklık, liman operasyonlarını etkileyen fırtınalar gibi) ulaştırma altyapılarının fiziksel dayanıklılığına ilişkin yeni soruları gündeme getirmiştir. Dünya Ekonomik Forumu'nun Küresel Riskler Raporu (WEF, 2024), iklim risklerini hem gerçekleşme olasılığı hem de etki büyüklüğü açısından en üst sıralarda konumlandırmaktadır. Bu durum, lojistik altyapının yalnızca kapasite açısından değil; afet dayanıklılığı ve adaptasyon kabiliyeti açısından da yeniden değerlendirilmesini gerektirmektedir.

Aynı dönemde jeoekonomik gerilimler ve bölgesel çatışmalar, ticaret koridorlarının sürekliliğinin yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmıştır. OECD (2024) tedarik zinciri dayanıklılığı analizinde, tek bir üretim bölgesine veya tek bir taşıma güzergâhına aşırı bağımlılığın sistemik risk ürettiğini; buna karşılık çeşitlendirme ve dijital görünürlük kapasitesinin dayanıklılığı artırdığını belirtmektedir.

Bu gelişmeler ışığında lojistik ve tedarik zinciri yönetimi, yalnızca maliyet minimizasyonuna odaklanan operasyonel bir faaliyet olmaktan çıkmış; bir stratejik risk yönetimi kapasitesi olarak konumlanmıştır. şletmeler açısından temel soru artık 'En düşük maliyetli tedarik nerede?' olmaktan çıkmış, 'Kabul edilebilir bir maliyetle tedarik sürekliliği nasıl sağlanır?' sorusuna dönüşmüştür.

Küresel dönüşüm üç temel eksende yoğunlaşmaktadır:

1. Tedarikin coğrafi olarak yakınlaştırılması (nearshoring–friendshoring),

2. Afet ve koridor risklerine karşı dayanıklılık mimarisinin güçlendirilmesi,

3. Yeşil ve dijital dönüşümle uyumlu lojistik altyapıların yaygınlaştırılması.

Bu eksenler birbirinden bağımsız değildir. OECD (2024), yakınlaştırma stratejilerinin ancak dijital izlenebilirlik kapasitesi ve düşük karbonlu taşımacılık altyapılarıyla desteklendiğinde sürdürülebilir olacağını vurgulamaktadır.

5.1 Yakından Tedarik (Nearshoring) ve Dost Ülkelerden Tedarik (Friendshoring) Eğilimleri: Bölgeselleşen Küreselleşme

Pandemi sonrası dönemde küreselleşmenin tamamen geriye çekildiğini söylemek doğru değildir. OECD (2024) verileri, küresel ticaret hacminin toparlandığını; ancak ticaretin coğrafi kompozisyonunun değiştiğini göstermektedir. İşletmeler artık tek bir uzak bölgeye aşırı bağımlı üretim ağları yerine, daha bölgesel ve çeşitlendirilmiş yapılara eğilim göstermektedir.

Yakından tedarik, üretim ve tedarik süreçlerinin nihai pazara daha yakın coğrafyalara kaydırılması; dost ülkelerden tedarik ise politik ve ticari olarak güvenilir görülen ülkelerle değer zinciri ilişkilerinin güçlendirilmesini ifade etmektedir. OECD (2024), bu eğilimin özellikle kritik girdiler, enerji yoğun sektörler ve stratejik ürün gruplarında belirginleştiğini belirtmektedir.

Türkiye açısından bu eğilim iki düzeyde etki üretmektedir:

(A) Fırsat Boyutu

Türkiye'nin Avrupa Birliği pazarına fiziksel yakınlığı, gelişmiş karayolu bağlantıları, liman altyapısı ve sanayi üretim kapasitesi, nearshoring stratejilerinde önemli bir avantaj sunmaktadır. Özellikle teslimat süresinin kısalması ve stok ihtiyacının azaltılması, yakın üretim merkezlerini cazip hale getirmektedir.

Ancak OECD (2024) analizinde vurgulandığı gibi, yatırım kararları artık yalnızca coğrafi yakınlığa göre verilmemektedir. Yatırım kararları verilirken aşağıdaki kriterler de dikkate alınmaktadır:

- Teslimat güvenilirliği,
- Karbon performansı ve ölçülebilir emisyon verisi,
- Dijital izlenebilirlik kapasitesi,
- Lojistik hizmet kalitesi ve operasyon standardizasyonu.

Bu nedenle, Türkiye'nin nearshoring fırsatını değerlendirebilmesi lojistik ağın kalite standardının yükseltilmesine bağlıdır. Bu standardın temel bileşenlerinden biri de depo altyapısının kapasite, maliyet ve işlevsellik açısından yeniden ele alınmasıdır. Nearshoring sürecinde Türkiye'nin yalnızca üretim merkezlerine yakınlığı veya taşıma koridorları üzerindeki konumu yeterli olmayacaktır. Ürünlerin bölgesel pazarlara hızlı, güvenilir ve maliyet etkin biçimde yönlendirilebilmesi için modern, erişilebilir ve entegre depo alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle depo alanlarının arzı, bölgesel dağılımı, kira ve yatırım maliyetleri, liman-demiryolu-karayolu bağlantıları, gümrük süreçlerine yakınlığı ve iş gücü kapasitesi bütüncül biçimde analiz edilmelidir.

Depolar artık yalnızca stoklama alanları değil; sipariş karşılama, konsolidasyon, ayrıştırma, katma değerli hizmetler, iade yönetimi, e-ihracat operasyonları ve çok modlu taşıma bağlantılarını destekleyen stratejik lojistik düğüm noktalarıdır. Bu çerçevede Türkiye'de depo alanları ve depo maliyetlerine yönelik düzenli bir izleme ve planlama çalışmasının yapılması, bölgesel lojistik merkezlerin daha sağlıklı konumlandırılmasına katkı sağlayacaktır. Böyle bir yapı, Türkiye'nin nearshoring eğiliminden yalnızca üretim ve transit geçiş avantajıyla değil, katma değerli lojistik hizmet kapasitesiyle de yararlanmasını mümkün kılacaktır.

(B) Uyum Zorunluluğu

Yakınlaştırma stratejileri, düşük karbonlu ve dijital olarak entegre lojistik altyapıyı zorunlu kılmaktadır. AB pazarına entegre bir üretim ve

lojistik sistemi için karbon raporlama ve veri şeffaflığı giderek daha kritik hale gelmektedir. Avrupa Komisyonu'nun Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (CBAM), ithal edilen belirli ürünlerde gömülü emisyonların raporlanmasını zorunlu kılmıştır (European Commission, 2023). Her ne kadar CBAM doğrudan lojistik hizmetlerini hedeflemese de ihracat zincirindeki tüm süreçlerin karbon verisinin ölçülebilir olmasını dolaylı olarak gerekli kılmaktadır.

Dolayısıyla nearshoring, Türkiye için yalnızca hacim artışı değil; lojistik hizmet standardının çevresel ve dijital kriterler doğrultusunda yükseltilmesi anlamına gelmektedir.

5.2 Uluslararası Koridorlar ve Orta Koridorun Önemi

Pandemi sonrası dönemde küresel lojistik sisteminin karşı karşıya kaldığı en belirgin kırılganlık alanlarından biri, taşıma koridorlarının sürekliliğine ilişkin belirsizlikler olmuştur. Liman kapanmaları, konteyner dengesizlikleri, Süveyş Kanalı'ndaki geçici blokaj ve bölgesel çatışmalar küresel ticaret akışlarının tek bir hatta veya sınırlı sayıda düğüme aşırı bağımlı olmasının sistemik risk ürettiğini göstermiştir. OECD (2024), tedarik zinciri dayanıklılığının yalnızca üretim coğrafyasının çeşitlendirilmesiyle değil, lojistik koridorların çeşitlendirilmesi ve dijital izlenebilirlik kapasitesinin artırılmasıyla mümkün olduğunu vurgulamaktadır.

Bu gelişmeler lojistik mimaride üç yönelimi güçlendirmiştir:

1. Çok modlu taşımacılık yapılarının yaygınlaştırılması,
2. Alternatif koridor senaryolarının geliştirilmesi,
3. Bölgesel tampon kapasite ve esnek depo ağlarının oluşturulması.

Özellikle çok modlu (intermodal) taşımacılık, yalnızca maliyet avantajı için değil; risk dağıtımı açısından da önem kazanmıştır. Karayolu–demiryolu–denizyolu kombinasyonlarının entegre bir biçimde planlanması, tek bir taşıma moduna bağımlılığı azaltmakta ve kriz anında alternatif akış imkânı sunmaktadır. Dünya Ekonomik Forumu (WEF, 2024), lojistikte dayanıklılığın temel bileşenleri arasında mod çeşitliliği ve veri temelli kriz yönetimini birlikte ele almaktadır.

Türkiye açısından Orta Koridor girişimi, Bakü–Tiflis–Kars demiryolu hattı ve liman bağlantılı lojistik üs yatırımları bu küresel eğilimle doğrudan ilişkilidir. Türkiye'nin bu bağlamda Orta Koridor'un merkezinde yer alması Kuzey Koridor'unda jeopolitik risklerin artması ile daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. Türkiye, büyüyen bir üretim ve tüketim pazarı olmasının yanı sıra gelişmiş karayolu ağı ve yeni yatırımlarla güçlenen lojistik hizmet kapasitesi sayesinde Orta Koridor'da, özellikle transit yükler açısından, bir lojistik merkez ve yük konsolidasyon noktası olma potansiyeline sahiptir.

Özellikle transit yükler açısından denizyoluna göre daha hızlı havayoluna göre daha ekonomik alternatif bir koridor olarak gerekli altyapı yatırımlarının oluşması bu alanda Türkiye'nin payını arttıracaktır. Dolayısıyla hedef, Çin–Avrupa yüklerinin yalnızca Türkiye'den geçirilmesi değil; depolama, dağıtım, katma değerli lojistik, intermodal taşıma ve yeniden ihracat faaliyetlerinden daha yüksek ekonomik değer yaratılması olmalıdır. Özellikle Türkiye'nin Trans-Hazar Orta Koridoru üzerindeki bölgesel lojistik merkez rolünü güçlendirmesi gerekliliği yapılan görüşmelerde uzmanlar tarafından belirtilmiştir.

Demiryolu altyapısına yönelik planlama ve yatırım süreçleri hızlandırılmalı, taşıma kapasitesi artırılmalıdır. Yüklerin İstanbul bölgesi geçişlerinde gümrük ve operasyon süreçlerinin hızlandırılması için gerekli düzenlemelerin yapılması önem arz etmektedir. Türkiye'nin transit yükler açısından bir koordinasyon merkezi olma rolünü güçlendirmesi ve katma değeri yüksek lojistik hizmetler sunması, Orta Koridor'daki konumunu pekiştirecektir.

Koordinasyon merkezi olma rolüne yönelik de gerekli hizmet standardizasyonu, dijital gümrük sistemiyle desteklenen ortak koridor dijital altyapısı oluşturulması, lojistik merkezlerinin etkin kullanımının sağlanması gerekmektedir.

Sektör uzmanlarıyla yapılan görüşmeler, Türkiye'nin avantajlarını kullanabilmesi için fiziksel altyapının tek başına yeterli olmadığını; altyapının dijital görünürlük ve operasyonel senkronizasyon kapasitesiyle desteklenmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Bu durum da beklenen verimlilik artışının sınırlı kalabileceğini göstermektedir.

Bu noktada koridor dayanıklılığı üç kapasiteye bağlıdır:

- Dijital görünürlük: Yükün konumu, gecikme nedeni ve kapasite durumu hakkında anlık veri üretimi,
- Operasyonel senkronizasyon: Liman, terminal, demiryolu ve karayolu süreçlerinin zamanlama uyumu,
- Kriz karar mekanizması: Alternatif rota devreye alma ve hızlı yönlendirme kapasitesi.

OECD (2024), bu üç kapasitenin birlikte çalışmadığı yapılarda altyapı yatırımlarının sistemik dayanıklılığı sınırlı ölçüde artırdığını belirtmektedir. Bu nedenle, Türkiye'nin koridor yatırımlarında fiziksel kapasite ile dijital entegrasyonu eş zamanlı ilerletmesi kritik önem taşımaktadır.

5.3 Avrupa Birliği Karbon Düzenlemeleri ve Lojistik Sektörüne Etkileri

Küresel trendlerin Türkiye üzerindeki en somut etkilerinden biri, Avrupa Birliği'nin karbon düzenlemeleri çerçevesinde ortaya çıkmaktadır. Avrupa Komisyonu'nun 2019 tarihli Avrupa Yeşil Mutabakatı (European Green Deal), 2050 yılına kadar iklim nötr bir ekonomi hedefini ortaya koymuştur (European Commission, 2019). Bu hedef doğrultusunda ulaştırma sektörü, toplam emisyonların önemli bir bölümünü oluşturduğu için bu dönüşümün merkezinde yer almaktadır.

AB'nin "Fit for 55" paketi, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarının 1990 yılı seviyelerine kıyasla en az %55 azaltılmasını öngörmektedir (European Commission, 2021).

Bu kapsamda:

- Emisyon Ticaret Sistemi'nin (EU ETS) genişletilmesi,
- Alternatif yakıt altyapısının yaygınlaştırılması,
- Denizcilik ve kara taşımacılığında karbon fiyatlandırma mekanizmalarının güçlendirilmesi gibi düzenlemeler hayata geçirilmiştir.

Bunun yanı sıra, Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (CBAM), AB'ye ithal edilen belirli sektörlerdeki ürünlerin gömülü karbonunun raporlanmasını ve belirli koşullarda karbon maliyeti ödenmesini gerektirmektedir (European Commission, 2023). Lojistik hizmetleri doğrudan CBAM kapsamına girmese de ihracatçı işletmelerin karbon ayak izi raporlaması yapabilmesi için taşıma süreçlerinin emisyon verisinin ölçülebilir olması zorunlu hale gelmektedir.

Bu durum Türkiye'deki lojistik işletmeleri açısından üç temel sonucu beraberinde getirmektedir:

1. **Karbon ölçüm altyapısının kurulması gerekliliği:** Taşıma bazlı emisyon hesaplama sistemleri ve MRV (izleme–raporlama–doğrulama) kapasitesi artık rekabet kriteri haline gelmektedir.
2. **Karayolu bağımlılığının maliyet baskısı üretmesi:** Türkiye'nin ihracat taşımalarının önemli kısmının karayoluna dayanması, karbon fiyatlandırmasının dolaylı maliyet etkilerini artırmaktadır.

3. İntermodal ve düşük karbonlu alternatiflerin stratejik değer kazanması: Demiryolu ve denizyolu entegrasyonu, yalnızca maliyet değil; karbon performansı açısından da önem kazanmaktadır.

Avrupa Çevre Ajansı (EEA, 2023), ulaştırma sektörünün AB emisyonlarının yaklaşık dörtte birinden sorumlu olduğunu belirtmektedir. Bu nedenle, AB'nin ulaştırma kaynaklı emisyon azaltım politikaları Türkiye'nin AB ile entegre lojistik ağını doğrudan etkilemektedir.

Saha perspektifinde ise işletmeler karbon ölçüm sistemlerine yatırım yapma eğilimindedir. Ancak dönüşümün hızı finansman erişimi ve yatırım geri dönüş süresi belirsizliğiyle yakından ilişkilidir. Bu nedenle karbon uyumu yalnızca teknik bir dönüşüm değil; finansman ve politika koordinasyonu gerektiren bir alan olarak öne çıkmaktadır.

5.4 Yeşil ve Dijital Geçişin Birlikte İşlemesi

Küresel trendlerin önemli bir özelliği, yeşil dönüşüm ile dijital dönüşümün birbirinden ayrışamamasıdır. OECD (2024) ve WEF (2024), karbon azaltımının etkin biçimde yönetilebilmesi için veri temelli izleme ve raporlama kapasitesinin şart olduğunu vurgulamaktadır. Karbon emisyonlarının rota, araç tipi, yük türü ve mesafe bazında ölçülebilmesi, ancak dijital altyapı ile mümkündür.

Bu nedenle:

- Dijital altyapı, karbon şeffaflığının sağlanmasında temel bir rol oynar.
- Karbon düzenlemelerine uyum baskısı artarken dijital entegrasyonun yetersiz kalması, rekabet gücü kaybı riskini artırır.

Türkiye açısından bu eşzamanlı dönüşüm sektörde kritik bir eşik oluşturmaktadır. Karayolu ağırlıklı taşımacılık yapısı, dijital rota optimizasyonu ve boş kilometre azaltımı gibi araçlarla desteklenmediğinde hem maliyet hem emisyon açısından baskı yaratmaktadır. McKinsey (2023), yapay zeka destekli rota optimizasyonunun yakıt tüketimini %15–20 oranında azaltabildiğini göstermektedir. Bu tür uygulamalar, karbon performansını araç dönüşümünden bağımsız olarak iyileştirebilmektedir. Dolayısıyla yeşil ve dijital geçiş, iki ayrı reform alanı değil; karşılıklı olarak birbirini güçlendiren bir dönüşüm mimarisi olarak değerlendirilmelidir.

Küresel gelişmeler ve saha bulguları birlikte değerlendirildiğinde, lojistik sektöründe maliyet odaklı yaklaşımlardan ziyade süreklilik, dayanıklılık ve uyum kapasitesinin öne çıktığı bir dönüşüm sürecinin yaşandığı görülmektedir. Bu dönüşüm; tedarik yapılarının bölgeselleşmesi, çok modlu ve esnek lojistik ağların geliştirilmesi ile yeşil ve dijital gerekliliklerin eş zamanlı olarak karşılanmasını içeren çok boyutlu bir yapı ortaya koymaktadır. Türkiye açısından bu çerçeve, yalnızca fiziksel altyapı yatırımlarının değil, aynı zamanda dijital görünürlük, veri entegrasyonu ve çevresel uyum kapasitesinin birlikte ele alındığı bir uyum sürecine işaret etmektedir.

5.5 Küresel Ticari Dengelerdeki Değişim ve Krizler

Dünyada yaşanan ticari dengelerdeki değişimler ve krizler, lojistik sektörünü yalnızca maliyetler açısından değil, tedarik zinciri tasarımı, stok politikaları ve taşıma modu tercihleri gibi birçok operasyonel karar bakımından da etkilemektedir. Sektörün en fazla işlem hacmine sahip taşıma rotalarında son yıllarda meydana gelen krizler güvenlik sorunlarına, taşıma sürelerine, maliyetlere, yakıt tüketimine, bekleme ve teslim sürelerine doğrudan etki etmektedir.

Kızıldeniz–Süveyş Kanalı, Hürmüz Boğazı, Karadeniz ve Panama Kanalı gibi kritik noktalar taşımacılık ve lojistik açıdan stratejik önem taşımaktadır. Bu bölgelerde yaşanan çatışmalar, siyasi gerilimler ve iklim kaynaklı aşırı hava olayları, işletmelerin stratejik tedarik zinciri kararlarını etkilemekte ve farklı taşıma alternatiflerine yönlendirmektedir. Dolayısıyla bir ülkenin lojistik rekabet gücünün belirlenmesinde sadece liman, karayolu ya da demiryolu kapasiteleri değil, alternatif geçişler ve koridorlardaki bağlantıları önem arz etmeye başlamıştır. Dünyada tek bir alternatif koridor bağlantısı yerine birbirine bağlanan çoklu koridorların oluşturulmasına yönelik planlamaların ön plana çıktığı görülmektedir.

IMEC (Hindistan–Orta Doğu–Avrupa Koridoru), Irak–Türkiye Kalkınma Yolu, Zengezur Koridoru ve Kuzey Deniz Rotası gibi yeni bağlantılara yönelik altyapı planlamaları sürdürülmektedir. Türkiye'nin, Orta Asya–Avrupa ve Körfez–Avrupa hatlarında transit yük geçişinin yanı sıra yük konsolidasyonu, depolama ve katma değerli lojistik hizmetler sunarak bölgesel bir lojistik merkez olma potansiyeli bulunmaktadır.

Jeopolitik, enerji, iklim, ekonomik, ticari savaşlar gibi birçok krizle yüzleşen işletmeler ve ülkeler belirsizlikleri yönetmeye çalışmaktadır. İşletmeler de rekabet avantajını kaybetmemek için **esneklik, çeşitlendirme ve risk yönetimi** odağında lojistik stratejiler geliştirmektedir. Lojistik işletmeleri rekabet gücünü koruyabilmek için en düşük maliyet odağının yanı sıra kriz ve belirsizlik ortamında tedarik sürekliliğini sağlayabilme kapasitesini geliştirmeye çalışmaktadır.

Son dönemde yaşanan Hürmüz Boğazı krizi özellikle taşıma maliyetlerinin yükselmesine (dizel ve benzin fiyatları açısından), tedarik sürelerinde gecikmelere, sefer programlarında değişimlere, bekleme sürelerinde artışlara, sigorta primlerinin yükselmesine yol açmıştır.

Dünya petrol ve LNG sevkiyatının %20'den fazlasının Hürmüz Boğazı üzerinden geçtiği düşünüldüğünde sadece denizyolu yakıt maliyetleri değil, karayolu dizel ve benzin fiyatları, havayolu jet yakıtı üzerinden doğrudan navlun fiyatlarındaki yükseliş depo ve üretim maliyetlerini de etkilemektedir. UNCTAD'ın 2026 tarihli raporu, Hürmüz Boğazı'nda yaşanan sorunların ve kapasite daralmasının enerji, taşımacılık, lojistik ve üretim maliyetlerini artırdığını ortaya koymaktadır. Bu kriz bir kez daha lojistik firmalarını Hürmüz Boğazı'na yönelik bağımlılığı azaltacak alternatif rotalara ve geçişlere yöneltmiştir.

5.6 Stratejik Sonuç

Küresel lojistik sistemi son yıllarda pandemi, tedarik zinciri kırılmaları, navlun dalgalanmaları, jeopolitik belirsizlikler ve sürdürülebilirlik baskıları nedeniyle daha kırılgan ve aynı zamanda daha stratejik bir yapıya dönüşmüştür. Bu süreç, işletmelerin yalnızca maliyet odaklı değil, dayanıklılık, esneklik, görünürlük ve tedarik güvenliği odaklı lojistik stratejiler geliştirmesini gerekli kılmıştır.

Türkiye açısından bu dönüşüm önemli fırsatların yanı sıra yapısal iyileştirme gereksinimleri de doğurmaktadır. Avrupa, Asya ve Orta Doğu arasındaki konumu, Türkiye'ye bölgesel lojistik merkez olma potansiyeli sunmaktadır. Ancak bu potansiyelin değerlendirilebilmesi; altyapı yatırımlarının güçlendirilmesine, taşıma modları arasındaki entegrasyonun artırılmasına, gümrük ve sınır süreçlerinin hızlandırılmasına, dijital veri paylaşımının yaygınlaştırılmasına ve sürdürülebilir lojistik standartlarının kurumsallaştırılmasına bağlıdır.

Sonuç

Küresel lojistik sisteminin son yıllarda karşı karşıya kaldığı çoklu kırılmalar; pandemi kaynaklı tedarik zinciri aksaklıkları, jeoekonomik gerilimler, enerji ve maliyet dalgalanmaları, iklim kaynaklı operasyonel riskler ve hızla değişen müşteri beklentileri üzerinden sektörün geleneksel çalışma mantığını önemli ölçüde dönüştürmüştür. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen analizler, anket bulguları ve saha görüşmeleri birlikte değerlendirildiğinde, lojistiğin artık yalnızca fiziksel taşımacılık faaliyetlerinden oluşan bir operasyon alanı olmaktan çıktığı; veri, teknoloji, sürdürülebilirlik ve insan kaynağı ekseninde yeniden tanımlanan stratejik bir sistem haline geldiği görülmektedir.

Araştırma bulguları, sektörün mevcut dönüşümünün üç temel dinamik etrafında şekillendiğini göstermektedir. Bu dinamiklerden ilki dijitalleşmedir. Dijital teknolojiler, operasyonların yalnızca hızını artırmakla kalmayıp, süreçlerin ölçülebilirliğini, izlenebilirliğini ve yönetilebilirliğini de dönüştürmektedir. Depo yönetim sistemlerinden rota optimizasyon algoritmalarına, gerçek zamanlı takip altyapılarından yapay zeka tabanlı karar destek mekanizmalarına kadar uzanan geniş uygulama alanı, lojistik operasyonlarını reaktif yönetim anlayışından proaktif ve öngörü temelli bir modele taşımaktadır. Ancak bu dönüşüm, teknoloji yatırımlarının tek başına yeterli olmadığını da göstermektedir. Entegrasyon, veri standardizasyonu ve insan kaynağının dijital sistemlerle uyumu, dijitalleşmenin gerçek değer üretip üretemeyeceğini belirleyen temel faktörlerdir.

İkinci temel dinamik, sürdürülebilirlik ekseninde yaşanan yapısal değişimdir. Küresel ölçekte artan karbon düzenlemeleri, enerji fiyatlarındaki dalgalanmalar ve müşterilerin düşük karbonlu tedarik zinciri beklentileri, lojistik sektörünü çevresel performansı ölçen ve yöneten bir aktöre dönüştürmektedir. Araştırma bulguları, işletmelerin karbon azaltımını yalnızca filo dönüşümü üzerinden değil; ağ optimizasyonu, yük konsolidasyonu, enerji verimli altyapılar ve döngüsel lojistik modelleri aracılığıyla daha bütüncül biçimde ele almaya başladığını göstermektedir. Bu dönüşüm, sürdürülebilirliğin bir kurumsal sosyal sorumluluk başlığı olmaktan çıkarak maliyet yapısını, pazar erişimini ve rekabet gücünü doğrudan etkileyen stratejik bir unsur haline geldiğini ortaya koymaktadır.

Üçüncü temel dönüşüm alanı ise insan kaynağı ve iş gücü yapısında gözlenen değişimdir. Dijital sistemlerin yaygınlaşması, lojistikte iş gücünün niteliğini yeniden şekillendirmekte; rutin icra faaliyetlerinden süreç gözetimi, veri yorumlama ve istisna yönetimi gibi daha karmaşık yetkinlikler odaklı bir değişime yol açmaktadır. Saha bulguları, teknolojinin insan emeğini tamamen ikame etmekten ziyade yeni görev alanları ürettiğini ve insan-sistem uyumunu kritik hale getirdiğini göstermektedir. Mavi yaka rollerinde sistem kullanımı ve operasyonel uyum öne çıkarken, orta kademe yöneticiler için analitik düşünme, veriyle çalışma ve süreç iyileştirme kapasitesi dönüşümün belirleyici unsurlarından biri haline gelmektedir.

Türkiye lojistik sektörü açısından bakıldığında, çalışma bulguları hem güçlü fırsatlara hem de yapısal zorluklara işaret etmektedir. Türkiye'nin coğrafi konumu, bölgesel ticaret akışları üzerindeki stratejik rolü ve esnek operasyonel kültürü önemli avantajlar sunmaktadır. Buna karşılık karayolu ağırlıklı taşımacılık yapısı, modlar arası entegrasyon eksiklikleri, dijital olgunluk düzeyindeki heterojenlik, veri standardizasyonundaki eksiklikler ve yetkin insan kaynağı ihtiyacı, dönüşüm sürecinin hızını ve derinliğini sınırlayan faktörler olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte araştırma bulguları, sektör paydaşlarının dönüşümün yönünü takip ettiğini; dijitalleşme, sürdürülebilirlik ve operasyonel verimlilik konularında ortak bir farkındalık geliştirdiğini göstermektedir.

Önümüzdeki dönemde lojistik sektöründe rekabetin temel belirleyicisi, yalnızca maliyet avantajı yaratmak

değil; belirsizlik ortamında sürekliliği sağlayabilen, veriyle yönetilen ve çevresel performansı ölçülebilir hale getiren sistemler kurmak olacaktır. Başka bir ifadeyle, "daha hızlı" ve "daha ucuz" lojistik anlayışı yerini giderek "daha dayanıklı, daha görünür ve daha sürdürülebilir" lojistik anlayışına bırakmaktadır. Bu dönüşüm, kamu politikalarının, sektör içi standartlaşmanın, eğitim altyapısının ve teknoloji yatırımlarının eşgüdümlü biçimde ilerlemesini zorunlu kılmaktadır.

Bu doğrultuda raporun bulguları, karar vericiler açısından yalnızca genel politika yönelimlerine değil, aynı zamanda uygulanabilir politika araçlarına da ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bu nedenle politika önerilerinin "sorun tespiti" düzeyinde bırakılmaması; ilgili kurumlar, uygulama araçları, uygulama biçimleri ve beklenen çıktılar üzerinden tasarlanması gerekmektedir. Aşağıda sunulan öncelikli politika alanları, Türkiye lojistik sektörünün dijitalleşme, sürdürülebilirlik, operasyonel verimlilik, insan kaynağı ve ekosistem iş birliği ekseninde bütüncül bir dönüşüm ihtiyacına cevap verecek şekilde yapılandırılmıştır.

Öncelikli Politika Alanları ve Uygulama Araçları

1. Gümrük ve sınır geçişlerinde dijital entegrasyonun zorunlu hale getirilmesi

Lojistik performansın artırılmasında ilk öncelik, gümrük ve sınır geçiş süreçlerinin dijital entegrasyonudur. Bu alan, doğrudan kamu otoritesinin düzenleme ve uygulama kapasitesiyle ilişkilidir. Bu nedenle Ticaret Bakanlığı başta olmak üzere ilgili kamu kurumları, gümrük idareleri, liman işletmeleri, lojistik hizmet sağlayıcıları ve dış ticaret işletmeleri arasında bütünleşik bir dijital işlem altyapısı geliştirilmelidir.

Bu kapsamda temel politika aracı, tek pencere sisteminin kapsamının genişletilmesi ve lojistik işlemler için zorunlu dijital entegrasyon standardının oluşturulması olmalıdır. Gümrük beyannamesi, taşıma belgeleri, izinler, sertifikalar, sınır geçiş bildirimleri ve kontrol süreçleri tekil platformlar üzerinden değil, birbirine entegre çalışan sistemler aracılığıyla yürütülmelidir. Böylece belge tekrarları, manuel onay süreçleri ve kurumlar arası veri kopuklukları azaltılabilir.

Zorunlu dijital entegrasyon hedefinin başarıya ulaşması için; kamu kurumları arasında veri paylaşım protokollerinin standartlaştırılması, teknik kılavuzların yayımlanması ve altyapının limanlar ile lojistik merkezlerde eş zamanlı güçlendirilmesi gerekmektedir. Sürecin sağlıklı ilerleyebilmesi adına teknik standartların belirlenmesi, pilot uygulamaların hayata geçirilmesi, işletmelere uyum desteği sağlanması ve kademeli bir geçiş takviminin oluşturulması önerilmektedir. Ayrıca bu değişimin başarısı yalnızca dijitalleşen belge sayısıyla değil, sınırda bekleyen sürelerin, mükerrer veri girişlerinin ve işlem sürelerindeki değişkenliklerin azalmasıyla da ölçülmelidir.

Bu politikanın uygulanabilmesi için üç tamamlayıcı araç gereklidir. Birincisi, kamu kurumları arasında veri paylaşım protokollerinin standartlaştırılmasıdır. İkincisi, lojistik işletmelerin bu sisteme bağlanabilmesi için teknik entegrasyon rehberlerinin ve uygulama takvimlerinin yayımlanmasıdır. Üçüncüsü ise sınır kapıları, limanlar ve lojistik merkezlerde dijital işlem altyapısının eş zamanlı olarak güçlendirilmesidir. Bu yaklaşım, yalnızca işlem hızını artırmakla kalmayacak; aynı zamanda izlenebilirliği, denetlenebilirliği ve ticaretin öngörülebilirliğini de güçlendirecektir.

2. Ulusal lojistik veri platformunun kurulması

İkinci politika alanı, lojistik sektöründe veri standardizasyonunun ve ortak performans ölçüm altyapısının oluşturulmasıdır. Araştırma bulguları, işletmelerin dijital araçları kullanma düzeylerinin farklılaştığını ve sektör genelinde karşılaştırılabilir veri üretme kapasitesinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Bu durum, hem kamu politikalarının etkin tasarlanmasını hem de işletmelerin performanslarını nesnel biçimde değerlendirmesini zorlaştırmaktadır.

Bu nedenle Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı koordinasyonunda, Ticaret Bakanlığı, TÜİK, sektör dernekleri, lojistik işletmeleri, liman işletmeleri, demiryolu ve karayolu taşımacılığı temsilcilerinin katkısıyla ulusal lojistik veri platformu kurulmalıdır. Bu platform, sektörün temel performans göstergelerini düzenli biçimde toplayan, standartlaştıran ve analiz eden bir yapı olarak tasarlanmalıdır.

Platformda teslimat süresi, taşıma modu dağılımı, boş kilometre oranı, araç doluluk oranı, sınır geçiş süresi, karbon emisyonu, depo kapasite kullanımı, iade oranı, hasar oranı, dijital izlenebilirlik düzeyi ve hizmet kalitesi gibi göstergeler izlenebilir hale getirilmelidir. Bu veriler, işletmelerin ticari gizliliği korunarak anonimleştirilmeli ve sektör, bölge, taşıma modu ve hizmet türü bazında karar vericilere raporlanmalıdır.

Bu politika aracının temel katkısı, lojistik sektöründe karar alma süreçlerini varsayımlardan çıkararak veriye dayalı hale getirmesidir. Böylece altyapı yatırımları, teşvik programları, sürdürülebilirlik hedefleri ve dijital dönüşüm destekleri daha ölçülebilir bir zemine oturtulabilir.

3. KOBİ'lere yönelik dijital dönüşüm teşvik modelinin geliştirilmesi

Üçüncü politika alanı, dijital dönüşümün yalnızca büyük ölçekli işletmelerle sınırlı kalmamasıdır. Lojistik sektöründe KOBİ'ler, operasyonel esneklikleri ve yaygın hizmet ağları nedeniyle sistemin önemli aktörlerinden biridir. Ancak yatırım maliyetleri, teknik bilgi eksikliği, yazılım entegrasyonu sorunları ve insan kaynağı yetersizlikleri, KOBİ'lerin dijital dönüşüme katılımını sınırlamaktadır.

Bu nedenle Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, KOSGEB, TÜBİTAK, kalkınma ajansları ve sektör dernekleri iş birliğiyle lojistik KOBİ'leri için özel bir dijital dönüşüm teşvik modeli geliştirilmelidir. Bu model, genel teknoloji desteği mantığıyla değil, lojistik süreçlerin ihtiyaçlarına göre tasarlanmalıdır.

Teşvik modeli üç aşamalı olabilir. İlk aşamada işletmelerin dijital olgunluk düzeyi ölçülmeli ve mevcut süreçleri analiz edilmelidir. İkinci aşamada işletmelere TMS, WMS, filo takip sistemleri, rota optimizasyon yazılımları, e-belge sistemleri, müşteri takip panelleri ve ara yazılım entegrasyonları gibi modüler çözümler için destek verilmelidir. Üçüncü aşamada ise bu sistemleri kullanacak çalışanlara yönelik uygulamalı eğitim programları sunulmalıdır.

KOBİ'lere yönelik dijital dönüşüm desteği; yazılım, danışmanlık, eğitim ve sistem entegrasyonunu tek programda birleştirmelidir. Desteğin başarısı yalnızca yapılan harcama veya kurulan sistem sayısıyla değil; stok doğruluğu, boş kilometre, zamanında teslimat, aktif kullanıcı oranı ve çalışanların uygulamalı dijital yetkinlik kazanımı üzerinden izlenmelidir. Programın Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, KOSGEB, TÜBİTAK, kalkınma ajansları ve sektör derneklerinin iş birliğiyle yürütülmesi, finansman ile teknik kapasite desteğinin birlikte sunulmasını sağlayacaktır.

Bu desteklerin yalnızca satın alma hibesi olarak değil; danışmanlık, eğitim, entegrasyon ve bakım desteğini içeren bütünleşik bir paket olarak tasarlanması gerekir. Aksi takdirde, yazılım yatırımları süreçlerle bütünleşmediği için beklenen verimlilik artışı sınırlı kalabilir.

4. İntermodal taşımacılığı destekleyen altyapı ve teşvik mekanizmalarının güçlendirilmesi

Dördüncü politika alanı, Türkiye'nin karayolu ağırlıklı taşımacılık yapısını daha dengeli, düşük karbonlu ve maliyet avantajı sağlayan bir modele dönüştürmektir. Bu dönüşüm yalnızca fiziksel altyapı yatırımlarıyla değil, aynı zamanda taşıma modları arasında operasyonel ve dijital entegrasyonu sağlayacak politika araçlarıyla desteklenmelidir.

Bu kapsamda Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, yerel yönetimler, liman işletmeleri, demiryolu işletmecileri, organize sanayi bölgeleri ve lojistik merkez yönetimleri birlikte hareket etmelidir. Temel politika aracı, intermodal taşımacılık koridorlarının belirlenmesi ve bu koridorlarda altyapı, dijital takip ve mali teşviklerin birlikte uygulanması olmalıdır.

Öncelikle liman-demiryolu bağlantıları, organize sanayi bölgeleri-lojistik merkez bağlantıları ve sınır kapılarına erişim sağlayan ana taşıma hatları önceliklendirilmelidir. Ardından bu hatlarda demiryolu ve denizyolu kullanımını artıracak taşıma teşvikleri, terminal kullanım destekleri ve aktarma maliyetlerini azaltacak düzenlemeler uygulanmalıdır. Ayrıca taşıma modları arasında yük takibini sağlayacak dijital izleme sistemleri geliştirilmelidir.

Bu yaklaşım, yalnızca sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlamayacak; aynı zamanda karayolu üzerindeki kapasite baskısını azaltacak, dış ticaret lojistiğinde maliyet avantajı yaratacak ve Türkiye'nin bölgesel lojistik merkez olma potansiyelini güçlendirecektir.

İntermodal taşımacılık koridorlarının belirlenmesi ve bu hatlarda altyapı, dijital takip ile mali teşviklerin bütünleşik olarak uygulanması stratejik önem taşımaktadır. Ayrıca altyapı ve terminal desteklerinin düzenli yük talebi ve kapıdan kapıya fizibiliteyle ilişkilendirilmesi, ilk-son kilometre maliyetleri, aktarma giderleri ve servis sıklığı dikkate alınarak seçilecek pilot hatlarda maliyet, teslimat güvenilirliği, araç doluluk oranları ve emisyon değerlerinin eş zamanlı olarak ölçülmesi önerilmektedir.

5. Karbon ölçümü ve yeşil lojistik standartlarının kurumsallaştırılması

Beşinci politika alanı, lojistik sektöründe karbon performansının ölçülebilir, raporlanabilir ve yönetilebilir hale getirilmesidir. Sürdürülebilirlik hedeflerinin somut sonuçlar üretebilmesi için işletmelerin çevresel performanslarını ortak standartlarla takip edebilmesi gerekmektedir.

Bu kapsamda Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, sektör dernekleri ve akredite kuruluşlar aracılığıyla lojistik sektörü için karbon ölçüm ve raporlama standardı geliştirilmelidir. Bu standart; taşıma modu, yakıt türü, mesafe, araç doluluk oranı, depo enerji tüketimi, soğuk zincir kullanımı ve iade süreçleri gibi lojistik faaliyetlerin çevresel etkilerini kapsamalıdır.

Bu alandaki politika araçları; düşük emisyonlu araç yatırımları için vergi avantajları, enerji verimli depo sistemleri için yatırım desteği, yenilenebilir enerji kullanan lojistik tesisler için sertifikasyon mekanizmaları ve karbon raporlaması yapan işletmelere yönelik teşviklerden oluşabilir. Ayrıca kamu ihalelerinde veya büyük ölçekli tedarik zinciri sözleşmelerinde çevresel performans kriterlerinin kademeli olarak dikkate alınması, özel sektörde dönüşümü hızlandırabilir.

Karbon azaltım kararlarında yalnızca toplam emisyon değil, her yatırımın sağladığı azaltımın maliyeti de dikkate alınmalıdır. Boş kilometrenin azaltılması, doluluk oranının artırılması, enerji verimliliği, mod değişimi, alternatif yakıt ve filo yenileme seçenekleri; azaltılan ton karbondioksit eşdeğeri başına maliyet, uygulama süresi ve altyapı bağımlılığı açısından karşılaştırılmalıdır. Bu yaklaşım, işletmelerin kısa vadeli operasyonel kazanımlarla uzun vadeli sermaye yatırımlarını dengeli bir yol haritasında birleştirmesine yardımcı olacaktır.

Bu alanlarda ilerlemenin izlenebilmesi için ortak bir gösterge seti oluşturulmalıdır. Gümrük ve sınır süreçlerinde ortalama işlem süresi ve değişkenliği; dijital entegrasyonda elektronik veri paylaşım oranı, depolamada sipariş doğruluğu, çevrim süresi ve birim işlem maliyeti; taşımacılıkta araç doluluk oranı, boş kilometre ve zamanında teslimat; sürdürülebilirlikte ise ton-kilometre başına emisyon ve doğrulanmış karbon verisi sunabilen işletme oranı temel göstergeler olarak kullanılabilir. Göstergeler işletme ölçeği ve taşıma modu bazında ayrıştırılarak düzenli aralıklarla yayımlanmalıdır.

6. Lojistikte insan kaynağı ve dijital yetkinlik programlarının yaygınlaştırılması

Altıncı politika alanı, dijital ve yeşil dönüşümün gerektirdiği insan kaynağı kapasitesinin geliştirilmesidir. Teknoloji yatırımlarının verimli sonuç üretmesi, bu teknolojileri kullanabilecek,

yorumlayabilecek ve süreçlere entegre edebilecek nitelikli iş gücüne bağlıdır.

Bu kapsamda üniversiteler, meslek yüksekokulları, mesleki eğitim merkezleri, sektör dernekleri ve lojistik işletmeleri arasında daha güçlü iş birlikleri kurulmalıdır. Politika aracı olarak lojistikte dijital yetkinlik ve yeşil lojistik eğitim programları geliştirilebilir. Bu programlar yalnızca teorik eğitimlerden oluşmamalı; TMS, WMS, rota optimizasyonu, veri analitiği, karbon hesaplama, depo otomasyonu ve e-belge sistemleri gibi uygulamalı modüller içermelidir.

Ayrıca mavi yaka çalışanlar, operasyon sorumluları ve orta kademe yöneticiler için farklılaştırılmış eğitim içerikleri hazırlanmalıdır. Mavi yaka çalışanlar için sistem kullanımı ve operasyonel uyum; orta kademe yöneticiler için veri analizi, KPI takibi ve süreç iyileştirme; üst yönetim için ise dijital dönüşüm stratejisi ve yatırım geri dönüşü konularına odaklanan programlar geliştirilebilir.

7. Sektörde iş birliği ve ortak yönetişim mekanizmalarının yaygınlaştırılması

Yedinci politika alanı, lojistik ekosisteminde yer alan aktörler arasında daha güçlü, kurumsallaşmış ve sürdürülebilir iş birliği mekanizmalarının geliştirilmesidir. Lojistik sektöründe dönüşüm yalnızca tekil işletmelerin yatırım kararlarıyla sınırlı değildir. Üreticiler, lojistik hizmet sağlayıcılar, taşıyıcılar, liman işletmeleri, depolama ve dağıtım aktörleri, teknoloji işletmeleri, kamu kurumları, üniversiteler ve meslek örgütleri arasında kurulacak etkin koordinasyon, sektörün genel verimliliğini ve rekabet gücünü doğrudan etkilemektedir.

Bu kapsamda temel politika aracı, lojistik sektöründe ortak yönetişim ve iş birliği platformlarının oluşturulması olmalıdır. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Ticaret Bakanlığı, sektör dernekleri, organize sanayi bölgeleri, lojistik merkez yönetimleri, liman işletmeleri, üniversiteler ve özel sektör temsilcilerinin yer aldığı düzenli çalışma grupları kurulabilir. Bu platformlar yalnızca görüş alışverişi yapılan yapılar olarak değil; ortak standartların geliştirildiği, veri paylaşım ilkelerinin belirlendiği, iyi uygulama örneklerinin yayıldığı ve sektörel dönüşüm projelerinin takip edildiği karar destek mekanizmaları olarak tasarlanmalıdır.

Bu politikanın uygulanabilmesi için üç temel araç öne çıkmaktadır. Birincisi, sektör genelinde ortak performans göstergelerinin ve hizmet standartlarının belirlenmesidir. Teslimat süresi, doluluk oranı, boş kilometre, karbon emisyonu, hasar oranı, iade performansı ve dijital izlenebilirlik gibi göstergeler için ortak tanımlar geliştirilmelidir. İkincisi, işletmeler arası iş birliğini artıracak ortak dijital altyapılar ve veri paylaşım protokolleri oluşturulmalıdır. Üçüncüsü ise üniversite-sektör-kamu iş birlikleri ile eğitim, araştırma, pilot uygulama ve teknoloji geliştirme projeleri desteklenmelidir.

Bu yaklaşım, özellikle KOBİ'lerin dönüşüm sürecine daha etkin katılmasını, büyük ölçekli işletmelerin bilgi ve deneyimlerinin sektöre yayılmasını ve kamu politikalarının sahadaki gerçek ihtiyaçlarla daha uyumlu hale gelmesini sağlayacaktır. Ayrıca ortak iş birliği mekanizmaları, lojistik sektöründe parçalı yapının neden olduğu verimsizlikleri azaltarak ölçek ekonomilerinden daha etkin yararlanılmasına katkı sunacaktır.

Politika Önceliklendirmesi

Politika önerileri karar vericiler açısından uygulanabilir bir yol haritasına dönüştürüldüğünde, kısa ve orta vadede beş temel öncelik alanı öne çıkmaktadır. Anket bulguları da sektör temsilcilerinin öncelik algısının dijitalleşme, altyapı, intermodal taşımacılık, depo süreçleri, insan kaynağı ve sürdürülebilirlik eksenlerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Bu nedenle politika tasarımı, yalnızca tekil yatırım başlıkları üzerinden değil, lojistik ekosistemin tamamını kapsayan bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalıdır.

1. Dijital kamu altyapısı ve veri entegrasyonu

İlk aşamada gümrük, sınır geçişleri, belge yönetimi ve lojistik veri paylaşımı alanlarında dijital kamu altyapısı güçlendirilmelidir. Tek pencere sisteminin kapsamının genişletilmesi, ulusal lojistik veri platformunun kurulması, kurumlar arası veri entegrasyonunun sağlanması ve lojistik süreçlerde standart veri üretiminin yaygınlaştırılması bu önceliğin temel uygulama araçlarıdır.

Anket bulguları, sektör temsilcilerinin dijitalleşmeyi lojistik dönüşümün en kritik alanlarından biri olarak gördüğünü ortaya koymaktadır. Katılımcıların tamamının otomasyon ve iş analitiği çözümlerinin geliştirilmesini vurgulaması; ayrıca yapay zeka, veri analitiği, takip edilebilirlik ve dijital tedarik zinciri uygulamalarının öne çıkması, bu alandaki politika ihtiyacını güçlendirmektedir. Gümrük süreçlerinde hız, belge yönetiminde sadeleşme ve sektör genelinde karşılaştırılabilir veri üretimi sağlanmadan dijitalleşme, sürdürülebilirlik ve intermodal taşımacılık politikalarının etkisi sınırlı kalacaktır. Bu nedenle dijital kamu altyapısı, diğer tüm dönüşüm başlıklarının temel taşı olarak ele alınmalıdır.

2. KOBİ'lerin ve sektör işletmelerinin dönüşüme katılımı

İkinci aşamada KOBİ'lerin ve sektör işletmelerinin dijitalleşme, süreç standardizasyonu insan kaynağı ve sürdürülebilirlik kapasitesi desteklenmelidir. Lojistik KOBİ'lerine yönelik dijital dönüşüm teşvik modeli, modüler yazılım destekleri, düşük maliyetli teknoloji erişim programları, uygulamalı eğitimler ve danışmanlık mekanizmaları bu önceliğin temel araçları olarak değerlendirilmelidir.

Anket sonuçlarında dijital dönüşümün önündeki en önemli engellerden biri olarak bütçe kısıtlarının öne çıkması, özellikle KOBİ'lerin dönüşüm sürecinde yalnız bırakılmaması gerektiğini göstermektedir. Büyük ölçekli işletmelerin dijital sistemlere ve otomasyon çözümlerine daha hızlı uyum sağlayabildiği bir yapıda KOBİ'lerin desteklenmemesi sektör genelinde dijital olgunluk farkını artırabilir. Bu durum yalnızca işletme performansını değil, tedarik zinciri genelinde görünürlük, veri kalitesi, hizmet standardizasyonu ve müşteri deneyimini de doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle KOBİ odaklı destekler, yeni nesil lojistik dönüşümünün kapsayıcı biçimde ilerlemesi açısından stratejik bir gerekliliktir.

Bu öncelik kapsamında insan kaynağı boyutu da ele alınmalıdır. Anket bulgularında veri analizi, otomasyon, yapay zeka, depo ve envanter yönetimi ile taşımacılık yönetimi becerilerinin geleceğin kritik yetkinlikleri arasında görülmesi, dönüşümün yalnızca teknoloji yatırımıyla sınırlı olmadığını göstermektedir. Bu nedenle üniversite-sektör iş birlikleri, mesleki sertifikasyon programları, dijital lojistik eğitimleri ve işletme içi yetkinlik geliştirme modelleri yaygınlaştırılmalıdır.

3. İntermodal ve yeşil lojistik dönüşümünün hızlandırılması

Üçüncü aşamada intermodal taşımacılık altyapısı, karbon ölçüm standartları ve yeşil lojistik teşvikleri birlikte ele alınmalıdır. Liman-demiryolu bağlantılarının güçlendirilmesi, lojistik merkezlerin intermodal taşıma sistemleriyle

uyumlu hale getirilmesi, kuru liman/iç liman yapılarının geliştirilmesi, düşük emisyonlu taşıma çözümlerinin desteklenmesi ve karbon raporlama standartlarının oluşturulması bu önceliğin temel bileşenleridir.

Anket bulguları, Türkiye'de intermodal taşımacılığın gelişimi açısından altyapı eksikliklerinin ve taşıma modları arasındaki entegrasyon sorunlarının önemli bir sınırlayıcı unsur olarak görüldüğünü göstermektedir. Bu durum, karayolu ağırlıklı taşıma yapısının dengelenmesi ve demiryolu-denizyolu bağlantılarının güçlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. İntermodal taşımacılığın geliştirilmesi yalnızca çevresel performans açısından değil, dış ticaret lojistiğinin dayanıklılığı, maliyet etkinliği ve teslimat güvenilirliği açısından da önem taşımaktadır.

Yeşil lojistik dönüşümü de bu önceliğin tamamlayıcı boyutunu oluşturmaktadır. Karbon emisyonlarının ölçülmesi, raporlanması ve azaltılması; enerji verimli taşıma ve depolama sistemlerinin yaygınlaştırılması; düşük karbonlu taşıma modlarının desteklenmesi ve işletmelerin sürdürülebilirlik standartlarına uyum kapasitesinin artırılması gerekmektedir. Özellikle Avrupa Birliği pazarlarıyla entegre çalışan işletmeler açısından çevresel performans, rekabet gücünün temel unsurlarından biri haline gelmektedir. Bu nedenle yeşil lojistik dönüşümü yalnızca çevresel bir uyum alanı olarak değil, maliyet yönetimi, pazar erişimi ve uzun vadeli rekabet gücü açısından stratejik bir politika başlığı olarak ele alınmalıdır.

4. Depo ve lojistik merkez altyapısının planlı biçimde geliştirilmesi

Dördüncü aşamada depo alanları, lojistik merkezler ve dağıtım altyapısı Türkiye'nin bölgesel lojistik merkez olma hedefiyle birlikte ele alınmalıdır. E-ticaret, e-ihracat ve nearshoring eğilimleri, depo ve dağıtım altyapısının stratejik önemini artırmaktadır. Bu nedenle depo yatırımları yalnızca fiziksel kapasite artışı olarak değil; sipariş karşılama, konsolidasyon, ayrıştırma, iade yönetimi, e-ihracat hazırlığı, katma değerli hizmetler ve intermodal aktarma süreçlerini destekleyen stratejik lojistik altyapı yatırımları olarak değerlendirilmelidir.

Anket sonuçlarında depo ve stok yönetimi süreçlerinin geliştirilmesinin öne çıkması, iade süreçlerinin maliyetleri artırdığına yönelik güçlü algı ve akıllı depo sistemlerine ilişkin beklentiler, depo altyapısının yeni nesil lojistik dönüşümündeki önemini göstermektedir. Depolar artık yalnızca stoklama alanları değil; lojistik ağın hızını, esnekliğini, maliyet yapısını ve hizmet kalitesini belirleyen stratejik düğüm noktalarıdır. Bu nedenle depo süreçleri, e-ticaret lojistiği ve son kilometre teslimatları kadar dış ticaret, e-ihracat, intermodal taşımacılık ve bölgesel dağıtım stratejileriyle de değerlendirilmelidir.

Bu kapsamda Türkiye'de depo alanlarının arzı, bölgesel dağılımı, kira ve yatırım maliyetleri, boşluk oranları, dijital altyapı düzeyi, liman-demiryolu-karayolu bağlantıları, gümrük süreçlerine yakınlığı ve iş gücü kapasitesi düzenli biçimde izlenmelidir. Özellikle üretim, dış ticaret ve dağıtım yoğunluğu yüksek bölgelerde modern depo ve dağıtım kapasitesinin geliştirilmesi, Türkiye'nin nearshoring fırsatından daha güçlü yararlanmasına katkı sağlayacaktır. Böyle bir yaklaşım, Türkiye'nin yalnızca transit geçiş ülkesi olarak değil, katma değerli lojistik hizmetler sunan bölgesel bir lojistik merkez olarak konumlanmasını destekleyecektir.

Diğer yandan özellikle organize sanayi bölgeleri ve lojistik merkezlerde çalışan ulaşımının ortak servis havuzları üzerinden planlanması teşvik edilmelidir. İşletmeler arası güzergâh ve vardiya verilerinin anonimleştirilerek eşleştirilmesi, araç doluluk oranlarını artırabilir ve aynı bölgeye yapılan mükerrer seferleri azaltabilir. Uygulama, çalışan erişilebilirliği, ortalama doluluk oranı, araç-kilometre ve emisyon değişimi üzerinden izlenmelidir.

5. Sektörel iş birliği ve ortak yönetişim kapasitesinin güçlendirilmesi

Beşinci aşamada kamu, özel sektör, üniversiteler, sektör dernekleri ve teknoloji sağlayıcıları arasında düzenli, ölçülebilir ve kurumsallaşmış iş birliği mekanizmaları geliştirilmelidir. Ortak veri standartları, sektörel performans göstergeleri, iyi uygulama paylaşım platformları, pilot dönüşüm projeleri, ortak eğitim programları ve üniversite-sektör iş birlikleri bu önceliğin temel araçlarıdır.

Lojistik sektöründe dönüşüm, yalnızca tekil işletmelerin yatırım kararlarıyla başarıya ulaşabilecek bir süreç değildir. Gümrük, taşımacılık, depolama, dağıtım, teknoloji, insan kaynağı, sürdürülebilirlik ve veri yönetimi alanları birbirine bağlıdır. Bu nedenle, politika uygulamalarının sahada karşılık bulabilmesi için paydaşlar arasında daha güçlü bir koordinasyon yapısına ihtiyaç vardır. Sektörel iş birliği mekanizmaları hem politika önerilerinin uygulanabilirliğini artıracak hem de dönüşüm sürecinin daha ölçülebilir, kapsayıcı ve sürdürülebilir biçimde ilerlemesini sağlayacaktır.

Genel Değerlendirme

Sonuç olarak, Türkiye lojistik sektörü yalnızca bir geçiş döneminden değil, yeni bir operasyonel paradigmanın içinden geçmektedir. Bu paradigma; dijitalleşmeyi, insan kaynağını, sürdürülebilirliği, veri yönetişimini, depo ve lojistik merkez altyapısını, intermodal entegrasyonu ve sektör içi iş birliğini birbirini tamamlayan unsurlar olarak ele alan bütüncül bir yaklaşım gerektirmektedir.

Anket bulguları da sektör temsilcilerinin öncelik algısının bu yönde şekillendiğini göstermektedir. Dijitalleşme, yapay zeka, otomasyon, veri analitiği, nitelikli iş gücü, intermodal taşımacılık, depo süreçleri ve sürdürülebilirlik başlıkları, sektörün geleceği açısından öne çıkan temel alanlardır. Bu nedenle, politika tasarımı yalnızca altyapı yatırımları veya teknoloji kullanımıyla sınırlandırılmamalı; finansman, eğitim, veri standardizasyonu, kamu-özel sektör koordinasyonu ve çevresel performans ölçümü gibi tamamlayıcı araçlarla desteklenmelidir.

Türkiye açısından kısa vadede ortak veri sözlüğü, temel göstergeler, pilot projeler ve yetkinlik programları; orta vadede sistem entegrasyonu, KOBİ destekleri ve bölgesel altyapı uygulamaları; uzun vadede intermodal ağlar, düşük emisyonlu filo ve ortak dijital platformların ölçeklendirilmesi önceliklendirilmelidir.

Doğru stratejik yönelimler ve uygulanabilir politika araçlarıyla desteklendiğinde, mevcut dönüşüm süreci Türkiye lojistik sektörü için yalnızca uyum sağlama zorunluluğu değil, aynı zamanda bölgesel ölçekte daha güçlü bir rekabet konumu elde etme fırsatı sunmaktadır. Bu raporun ortaya koyduğu temel sonuç, lojistik sektörünün geleceğinin yalnızca taşımacılık kapasitesiyle değil; sistem tasarımı, veri yönetimi, çevresel performans, insan yetkinlikleri, depo ve dağıtım altyapısı ile ekosistem düzeyinde iş birliği kapasitesiyle şekilleneceğidir. Bu dönüşümün başarıyla yönetilmesi, Türkiye'nin küresel lojistik ağlar içindeki konumunu güçlendirecek en kritik kaldıraçlardan biri olacaktır.

Sonuç

Küresel ticaretin yapısal dönüşümü, lojistik sektörünü yalnızca taşıma, depolama ve dağıtım faaliyetlerinden oluşan destekleyici bir hizmet alanı olmaktan çıkararak üretim, dış ticaret, e-ticaret, sürdürülebilirlik ve tedarik zinciri dayanıklılığı açısından stratejik bir sistem bileşeni haline getirmiştir. Pandemi sonrası dönemde belirginleşen tedarik zinciri kırılmaları, navlun dalgalanmaları, enerji maliyetlerindeki artış, dijitalleşme baskısı, çevresel düzenlemeler ve müşteri beklentilerindeki değişim, lojistik sektörünün işleyiş biçimini yeniden şekillendirmektedir. Bu yeni dönemde lojistik performans yalnızca maliyet ve taşıma kapasitesiyle değil; hız, güvenilirlik, izlenebilirlik, karbon performansı, veri entegrasyonu, hizmet kalitesi ve krizlere karşı dayanıklılık gibi çok boyutlu göstergelerle değerlendirilmektedir.

Türkiye lojistik sektörü bu dönüşüm sürecinde önemli fırsatlara sahip olmakla birlikte, yapısal iyileştirme ihtiyacını da sürdürmektedir. Türkiye'nin Avrupa, Asya ve Orta Doğu arasında yer alan konumu, dış ticaret hacmindeki büyüme, hizmet ihracatı içerisindeki lojistik faaliyetlerin ağırlığı ve nearshoring eğiliminin güçlenmesi, ülkenin bölgesel lojistik merkez olma potansiyelini artırmaktadır. Ancak bu potansiyelin kalıcı bir rekabet üstünlüğüne dönüşebilmesi; gümrük ve sınır süreçlerinin hızlandırılmasına, taşıma modları arasındaki entegrasyonun güçlendirilmesine, depo ve lojistik merkez altyapısının planlı biçimde geliştirilmesine, dijital veri paylaşımının yaygınlaştırılmasına ve sürdürülebilir lojistik standartlarının kurumsallaştırılmasına bağlıdır.

Rapor kapsamında değerlendirilen bulgular, Türkiye lojistik sektöründeki dönüşümün dijitalleşme, sürdürülebilirlik ve operasyonel dayanıklılık eksenlerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Dijitalleşme; gerçek zamanlı takip, veri analitiği, yapay zeka destekli planlama, depo otomasyonu, rota optimizasyonu ve dijital gümrük uygulamaları yoluyla lojistik süreçlerde görünürlük, hız ve karar kalitesini artırmaktadır. Bununla birlikte dijital dönüşüm düzeyi işletmeler arasında homojen değildir. Büyük ölçekli işletmeler bu dönüşüme daha hızlı uyum sağlarken, KOBİ'ler açısından yatırım maliyetleri, finansmana erişim, teknik yetkinlik ve entegrasyon sorunları önemli engeller oluşturmaktadır. Bu nedenle dijital dönüşüm, yalnızca teknoloji yatırımı olarak değil, kapsayıcı bir sektörel dönüşüm politikası olarak ele alınmalıdır.

Sürdürülebilirlik, lojistik sektöründe rekabet koşullarını yeniden tanımlayan temel alanlardan biri haline gelmiştir. Karbon emisyonlarının ölçülmesi, raporlanması ve azaltılması, enerji verimliliği, alternatif yakıtlar, intermodal taşımacılık ve düşük karbonlu dağıtım modelleri artık yalnızca çevresel sorumluluk kapsamında değerlendirilemez. Özellikle Avrupa Birliği pazarlarıyla entegre çalışan işletmeler açısından çevresel performans, tedarik zincirine dahil olmanın ve uluslararası rekabet gücünü korumanın temel şartlarından biri haline gelmektedir. Bu nedenle Türkiye'de yeşil lojistik dönüşümünün ölçüm, raporlama, teşvik, altyapı ve standartlaşma araçlarıyla desteklenmesi gerekmektedir.

E-ticaret ve e-ihracatın büyümesi, lojistik sektöründe depo, dağıtım, son kilometre ve iade süreçlerini daha kritik hale getirmiştir. Küçük hacimli fakat yüksek frekanslı sipariş yapısı, hızlı teslimat beklentileri, yüksek iade oranları ve çok kanallı satış modelleri, depo altyapısının yalnızca stoklama işleviyle sınırlı kalamayacağını göstermektedir. Depolar artık sipariş karşılama, ayrıştırma, konsolidasyon, katma değerli hizmetler, iade yönetimi ve intermodal bağlantıları destekleyen stratejik lojistik düğüm noktalarına dönüşmektedir. Bu nedenle Türkiye'nin lojistik merkez olma hedefinde depo alanlarının arzı, bölgesel dağılımı, kira ve yatırım maliyetleri, liman-demiryolu-karayolu bağlantıları, gümrük süreçlerine yakınlığı ve iş gücü kapasitesi bütüncül biçimde değerlendirilmelidir.

Yeni nesil lojistik dönüşümünün başarıya ulaşması, yalnızca fiziksel altyapı ve teknoloji yatırımlarına bağlı

değildir. İnsan kaynağının dijital ve yeşil yetkinliklerle geliştirilmesi, veri temelli karar alma kültürünün yaygınlaşması, işletmeler arası performans ölçüm standartlarının oluşturulması ve kamu-özel sektör iş birliğinin güçlendirilmesi gerekmektedir. Üreticiler, lojistik hizmet sağlayıcıları, taşıyıcılar, depolama ve dağıtım aktörleri, yazılım ve teknoloji işletmeleri, kamu kurumları, üniversiteler ve sektör dernekleri arasında kurulacak daha güçlü iş birliği yapısı, sektörün daha ölçülebilir, öngörülebilir ve sürdürülebilir bir yapıya kavuşmasını sağlayacaktır.

Sonuç olarak, Türkiye lojistik sektörü kritik bir eşik noktasındadır. Mevcut dönüşüm süreci sektör açısından yalnızca uyum sağlanması gereken bir zorunluluk değil, aynı zamanda bölgesel ölçekte daha güçlü bir rekabet konumu elde etme fırsatı sunmaktadır. Bu fırsatın değerlendirilebilmesi için taşımacılık ve lojistik politikalarının taşıma kapasitesi odaklı dar bir çerçeveden çıkarılarak dijitalleşme, sürdürülebilirlik, depo ve lojistik merkez planlaması, insan kaynağı, veri yönetişimi, intermodal entegrasyon ve paydaş iş birliği eksenlerinde bütüncül biçimde tasarlanması gerekmektedir. Yeni nesil lojistik yaklaşımı, Türkiye için yalnızca sektörel bir dönüşüm başlığı değil; dış ticaret kapasitesini, üretim rekabetçiliğini, tedarik zinciri dayanıklılığını ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerini destekleyen stratejik bir politika alanı olarak değerlendirilmelidir.

Kaynakça

Agatz, N. A. H., Fleischmann, M., & van Nunen, J. A. E. E. (2008). E-fulfillment and multi-channel distribution—A review. *European Journal of Operational Research*, *187*(2), 339–356.

Autor, D. H. (2015). Why are there still so many jobs? The history and future of workplace automation. *Journal of Economic Perspectives, 29*(3), 3–30.

Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management* (5th ed.). Pearson.

de Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research, 182*(2), 481–501.

Ellingsen, L. A.-W., Singh, B., & Strømman, A. H. (2016). The size and range effect: Lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles. *Environmental Research Letters, 11*(5), 054010. https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/5/054010

Esmer, S. (2023, Temmuz). 2023 yılı lojistik performans indeksi (LPI) raporunda Türkiye. *7deniz.* https://www.7deniz.net/2023-yili-lojistik-performans-indeksi-lpi-raporunda-turkiye

European Commission. (2019). *The European Green Deal.*

European Commission. (2021). *Fit for 55: Delivering the EU's 2030 climate target on the way to climate neutrality.*

European Commission. (2023). *Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM).*

European Commission. (2025). *Annual report on European SMEs 2025/2026.* Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs.

European Environment Agency (EEA). (2022). *Transport and environment report 2022.*

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy—A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production, 143,* 757–768.

Genovese, A., Acquaye, A. A., Figueroa, A., & Koh, S. C. L. (2017). Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. *Omega, 66*, 344–357.

Gevaers, R., Van de Voorde, E., & Vanelslander, T. (2014). Cost modelling and simulation of last-mile characteristics in an innovative B2C supply chain environment with implications on urban areas and cities. *Procedia – Social and Behavioral Sciences, 125*, 398–411.

Hawkins, T. R., Singh, B., Majeau-Bettez, G., & Strømman, A. H. (2013). Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles. *Journal of Industrial Ecology, 17*(1), 53–64. https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00532.x

Hübner, A., Holzapfel, A., & Kuhn, H. (2016). Distribution systems in omni-channel retailing. *Business Research, 9*, 255–296.

International Energy Agency. (2023). *Transport.*

International Road Transport Union (IRU). (2024). *Global truck driver shortage report 2024.* https://cdn-adepci4.actonsoftware.com/acton/cdna/45165/f-7a00b86b-e6bd-4143-9e63-e2471251ddc8/1/1

Ivanov, D. (2024). Digital supply chain management and technology to enhance resilience by building and using end-to-end visibility during the COVID-19 pandemic. *IEEE Transactions on Engineering Management, 71,* 10485–10495.

Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0. *Production Planning & Control.*

McKinnon, A. (2018). *Decarbonizing logistics: Distributing goods in a low carbon world.* Kogan Page.

Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics, 22*(2), 1–25.

Notter, D. A., Gauch, M., Widmer, R., Wäger, P., Stamp, A., Zah, R., & Althaus, H.-J. (2010). Contribution of Li-Ion batteries to the environmental impact of electric vehicles. *Environmental Science & Technology, 44*(17), 6550–6556. https://doi.org/10.1021/es903729a

OECD. (2024). *Promoting resilience and preparedness in supply chains.* OECD Publishing.

Özgüner, Z., & Köse, Z. (2025). Relationship Between Logistics Performance, Trade Volume and Economic Growth. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 38,* 230-252.

Rodrigue, J.-P. (2020). *The geography of transport systems* (5th ed.). Routledge.

Rogers, D. S., & Tibben-Lembke, R. S. (1999). Going backwards: *Reverse logistics trends and practices.* Reverse Logistics Executive Council.

Şengül, Ü. (2011). Tersine lojistik kavramı ve tersine lojistik ağ tasarımı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 25*(1), 407–429.

T.C. Ticaret Bakanlığı. (2025). *Ticaret Bakanlığı olarak lojistik ve taşımacılık sektöründe hizmet ihracatı hedefimiz, 2025 yılında 48 milyar dolar, 2028 yılında 78 milyar dolara ulaşmak.* https://ticaret.gov.tr/haberler/ticaret-bakanligi-olarak-lojistik-ve-tasimacilik-sektorunde-hizmet-ihracati-hedefimiz-2025-yilinda-48-milyar-dolar-2028-yilinda-78-milyar-dolara-ulasmak

T.C. Ticaret Bakanlığı. (2026). *2025 Yılı Aralık Ayı Dış Ticaret Verileri.*

Tanyaş, M. (2023, Mayıs). Lojistik performans endeksi (LPI) 2023. *Yeşil Lojistikçiler.* https://www.yesillojistikciler.com/lojistik/lojistik-performans-indeksi-lpi-2023/20815

Temur, G. T., & Ayvaz, B. (2015). Tersine lojistik yönetimi: *Dünyada ve Türkiye'de durum.* Nobel Akademik Yayıncılık.

UNCTAD. (2026). Global Trade Update (July/August 2026): Global trade continues to expand amid rising price pressures (UNCTAD/DITC/INF/2026/7). United Nations Conference on Trade and Development.

UTİKAD. (2023). *Lojistik sektörü raporu 2023.* Uluslararası Taşımacılık ve Lojistik Hizmet Üretenleri Derneği.

World Bank. (2018). *Connecting to compete 2018: Trade logistics in the global economy – The logistics* performance index and its indicators. World Bank.

World Economic Forum. (2024). The Global Risks Report 2024. World Economic Forum.



ISBN 978-605-165-087-6